



TUGAS AKHIR - MO 141326

## ANALISIS KEKUATAN MEMANJANG TONGKANG PENGANGKUT MUATAN BERAT DAN PANJANG

SYAIFUR ROHMAN

NRP. 04311140000027

Dosen Pembimbing

Ir. Murdjito, M.Sc.,Eng.

Ir. Handayanu, M.Sc.,Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



**TUGAS AKHIR - MO 141326**

## **ANALISIS KEKUATAN MEMANJANG TONGKANG PENGANGKUT MUATAN BERAT DAN PANJANG**

**SYAIFUR ROHMAN**

**NRP. 04311140000027**

**Dosen Pembimbing**

**Ir. Murdjito, M.Sc.,Eng.**

**Ir. Handayanu, M.Sc.,Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018**



**FINAL PROJECT - MO 141326**

# **LONGITUDINAL STRENGTH ANALYSIS OF CARGO BARGE TRANSPORTING LONG AND HEAVY LOAD**

**SYAIFUR ROHMAN**

**NRP. 04311140000027**

**Supervisors:**

**Ir. Murdjito, M.Sc.,Eng.**

**Ir. Handayanu, M.Sc.,Ph.D.**

**OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT**

**Faculty of Marine Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KEKUATAN MEMANJANG TONGKANG  
PENGANGKUT MUATAN BERAT DAN PANJANG**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Progran Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**SYAIFUR ROHMAN**

**NRP. 04311140000027**

Disetujui oleh:

Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.  (Pembimbing 1)

Ir. Handyanu, M.Sc., Ph.D.  (Pembimbing 2)

Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D.  (Penguji 1)

Ir. Mas Murtedjo, M.Eng.  (Penguji 2)

Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto., S.T., M.T.  (Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2018

# **ANALISIS KEKUATAN MEMANJANG TONGKANG PENGANGKUT MUATAN BERAT DAN PANJANG**

**Nama : Syaifur Rohman**  
**NRP : 04311140000027**  
**Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.**  
**Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.**

## **ABSTRAK**

Untuk mengetahui batas kemampuan struktur dalam menahan beban perlu dilakukan sebuah analisis yang berkaitan tentang kekuatan struktur tersebut. Pada tugas akhir ini dilakukan analisis kekuatan memanjang kapal tongkang dengan muatan berupa bentang jembatan yang akan ditransportasikan dari Surabaya menuju ke Jayapura. Seperti yang telah disyaratkan oleh badan/biro klasifikasi, bahwa perhitungan kekuatan memanjang wajib dilakukan untuk kapal dengan panjang minimal 65 m (BKI, 2017). Perhitungan gaya geser dan momen lengkung menggunakan *Maxsurf* dengan input model tongkang serta hasil perhitungan beban-beban yang bekerja pada tongkang dengan berbagai skenario yang direncanakan. Dalam Kemudian dilakukan pengecekan kekuatan memanjang tongkang sesuai dengan aturan dari BKI dan ABS. Analisis terakhir yang dilakukan adalah analisis lokal menggunakan software ANSYS pada daerah tongkang yang diduga rentan terhadap kegagalan selama operasi. Dari hasil perhitungan diperoleh gaya geser dan momen lengkung maksimum terjadi pada skenario dengan sarat tongkang 3,3 m sebesar 1212 ton dan 31648 ton.m. Hasil pengecekan klasifikasi meliputi tegangan, modulus penampang dan inersia telah memenuhi persyaratan dari BKI dan ABS. Kemudian dari analisa lokal, didapatkan tegangan maksimum sebesar 195,93 Mpa pada *bottom structure (bracket)* yang terdapat pada frame 27. Struktur lokal tongkang mengalami deformasi elastis karena tegangan yang didapatkan lebih kecil dari tegangan *yield material*, yaitu sebesar 250 Mpa.

**Kata Kunci :** Kekuatan memanjang, Gaya geser, Momen lengkung, BKI, ABS

# **LONGITUDINAL STRENGTH ANALYSIS OF CARGO BARGE TRANSPORTING LONG AND HEAVY LOAD**

**Name : Syaifur Rohman**  
**NRP : 04311140000027**  
**Department : Teknik Kelautan FTK-ITS**  
**Supervisor : Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.**  
**Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D.**

## **ABSTRACT**

To determine the limits of the structure's ability to hold the loads, an analysis of the strength of the structure is needed. This final project is about longitudinal strength analysis of the barge with a bridge span loaded above the barge will be transported from Surabaya to Jayapura. As required by the classification society, that calculation of longitudinal strength shall be included for ships with a minimum length of 65 m (BKI, 2017). Calculation of shear forces and bending moments using Maxsurf with barge model input as well as calculation of loads that work on the barge with various scenarios planned. After that, the longitudinal strength requirement of barge according to the rules of BKI and ABS will be checked. The last analysis carried out was a local analysis using ANSYS software on barge areas that were suspected of being susceptible to failure during operation. From the calculation result, maximum shear force and bending moment are 1212 tonnes and 31648 tonnes.m that occur in scenario 1 which have 3,3 m in draft. The results of classification checking include permissible stress, cross section modulus and inertia were satisfy the requirements of BKI and ABS. Then from the local analysis, obtained a maximum von mises stress a 195.93 MPa on the bottom structure (bracket) contained in frame 27. Local barge structure occurred elastic deformation because the stress obtained is smaller than the yield strength of the material, which is 250 MPa.

**Keywords:** Longitudinal Strength, Shear Force, Bending Moment, BKI, ABS

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam juga penulis haturkan kepada junjungan seluruh umat manusia Rasulullah Muhammad SAW.

Laporan ini memuat Tugas Akhir penulis berjudul “Analisis kekuatan memanjang tongkang pengangkut muatan berat dan panjang”. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Semoga apa yang termuat dalam laporan ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi para penulis maupun pembaca. Tidak semua yang termuat dalam laporan ini dapat dipahami dengan mudah oleh pembaca dan dibenarkan secara keseluruhan perancangannya karena banyak sekali kekurangan penulis dalam pemilihan kata, penyusunan kalimat, maupun keterbatasan literasi dan pengetahuan. Penulis sangat berterima kasih apabila pembaca berkenan untuk memberikan kritik dan saran ataupun koreksi di dalam laporan ini.

Surabaya, Juli 2018

Penulis,

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan secara materiil maupun moriil.
2. Ir. Murdjito, M.Sc.,Eng dan Ir. Handayanu, M.Sc.,Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran, kritik, motivasi, evaluasi maupun perbaikan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Tsany Naufal Hidayat yang secara sukarela membagikan ilmunya dan berdiskusi mengenai topik tugas akhir kepada penulis.
4. Sahabat satu angkatan yang masih memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan kuliah sampai saat ini.
5. Sahabat PMII Injury Time, Labkom dan Lab Mektan yang selalu memberikan *support* dalam mengarungi masa-masa akhir perkuliahan.

Semoga selalu diberikan kesehatan, perlindungan dan keberkahan oleh Allah SWT



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	4
2.1 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.2 DASAR TEORI .....	5
2.2.1 Pembebanan pada Kapal .....	5
2.2.2 Beban Gelombang.....	7
2.2.3 Respon Struktur Kapal.....	7
2.2.4 Kekuatan Kapal.....	8
2.2.5 Kekuatan Memanjang Kapal .....	9
2.2.6 Karakteristik Gaya Geser dan Momen Lengkung .....	11
2.2.7 Perhitungan Gaya Geser dan Momen Lengkung.....	12
2.2.8 Klasifikasi Kekuatan Memanjang.....	16

2.2.9 Kekuatan Memanjang .....	18
2.2.10 Metode Elemen Hingga.....	19
2.2.11 Tegangan Von Mises.....	20
2.2.12 ANSYS.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Diagram Alir .....	23
3.2 Penjelasan Diagram Alir .....	24
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1 Data .....	27
4.1.1 Dimensi Kapal .....	27
4.1.2 Rencana Garis .....	27
4.1.3 Hidrostatik Kapal.....	28
4.1.4 Rencana Umum ( <i>General Arrangement</i> ).....	28
4.1.5 Konstruksi Kapal ( <i>Construction Plan</i> ) .....	29
4.1.6 Distribusi Berat Kapal dan Muatan .....	30
4.2 Pemodelan .....	33
4.3 Validasi .....	34
4.3.1 Hidrostatik .....	34
4.3.2 Tangki <i>Ballast</i> .....	35
4.3.3 Kondisi <i>lightship</i> .....	36
4.4 Analisis Hasil .....	37
4.4.1 Distribusi Berat Tongkang.....	38
4.4.2 Distribusi Berat Jembatan .....	39
4.4.3 Distribusi <i>Ballast</i> .....	40
4.4.4 Distribusi Beban Total .....	42
4.4.5 Gaya Geser dan Momen Lengkung .....	44
4.4.6 <i>Trendline</i> Gaya Geser dan Momen Lengkung.....	52
4.4.7 Perhitungan Klasifikasi.....	53
4.4.8 Analisis Struktur Lokal .....	56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA .....	65
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A	DATA
LAMPIRAN B	DISTRIBUSI BEBAN
LAMPIRAN C	<i>SHEAR FORCE</i> DAN <i>BENDING MOMENT</i>
LAMPIRAN D	PERHITUNGAN KLASIFIKASI
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Komponen beban statis pada kapal (Rosyid, 2000, p. 29) .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Respon struktur kapal (SNAME, 2003, p. 18/21) .....	8
<b>Gambar 2.3</b> Kondisi <i>sagging</i> dan <i>hogging</i> (Bruce, 2012, p. 70).....	11
<b>Gambar 2.4</b> Grafik gaya geser dan momen lengkung pada kondisi <i>sagging</i> .....	12
<b>Gambar 2.5</b> Ilustrasi metode <i>bucket</i> (Hansch, 2008).....	12
<b>Gambar 2.6</b> Penyebaran gaya berat kapal .....	13
<b>Gambar 2.7</b> Penyebaran gaya tekan ke atas .....	13
<b>Gambar 2.8</b> Distribusi beban sepanjang kapal .....	13
<b>Gambar 2.9</b> Integral beban sepanjang kapal.....	14
<b>Gambar 2.10</b> Gaya geser sepanjang kapal.....	14
<b>Gambar 2.11</b> Gaya geser dan momen lengkung.....	15
<b>Gambar 2.12</b> Tipe elemen <i>solid</i> (3D) .....	19
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir pengerjaan tugas akhir.....	23
<b>Gambar 3.2</b> Diagram alir pengerjaan tugas akhir (lanjutan) .....	24
<b>Gambar 4.1</b> Rencana garis kapal tongkang WINPOSH 3301 .....	28
<b>Gambar 4.2</b> Rencana umum WINPOSH 3301 .....	29
<b>Gambar 4.3</b> <i>Contruction plan</i> WINPOSH 3301.....	30
<b>Gambar 4.4</b> Detail rencana pemuatan jembatan diatas tongkang.....	32
<b>Gambar 4.5</b> Pemodelan WINPOSH 3301 dengan <i>Maxsurf Modeler</i> .....	33
<b>Gambar 4.6</b> Pemodelan tangki <i>ballast</i> dengan <i>Maxsurf Stability</i> .....	34
<b>Gambar 4.7</b> Grafik <i>shear force</i> dan <i>bending moment</i> kondisi <i>lightship</i> .....	37
<b>Gambar 4.8</b> Distribusi Berat Tongkang.....	38
<b>Gambar 4.9</b> Distribusi Beban Jembatan .....	39
<b>Gambar 4.10</b> <i>Ballasting</i> skenario 1 .....	41

<b>Gambar 4.11</b> <i>Ballasting</i> skenario 2 .....	41
<b>Gambar 4.12</b> <i>Ballasting</i> skenario 3 .....	41
<b>Gambar 4.13</b> <i>Ballasting</i> skenario 4 .....	42
<b>Gambar 4.14</b> Distribusi Beban pada Skenario 1 .....	42
<b>Gambar 4.15</b> Distribusi Beban pada Skenario 2 .....	43
<b>Gambar 4.16</b> Distribusi Beban pada Skenario 3 .....	43
<b>Gambar 4.17</b> Distribusi Beban pada Skenario 4 .....	44
<b>Gambar 4.18</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 1 kondisi <i>stillwater</i> ..	45
<b>Gambar 4.19</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 1 kondisi <i>hogging</i> ....	45
<b>Gambar 4.20</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 1 kondisi <i>sagging</i> .....	46
<b>Gambar 4.21</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 2 kondisi <i>stillwater</i> ..	46
<b>Gambar 4.22</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 2 kondisi <i>hogging</i> ....	47
<b>Gambar 4.23</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 2 kondisi <i>sagging</i> .....	47
<b>Gambar 4.24</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 3 kondisi <i>stillwater</i> ..	48
<b>Gambar 4.25</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 3 kondisi <i>hogging</i> ....	48
<b>Gambar 4.26</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 3 kondisi <i>sagging</i> .....	49
<b>Gambar 4.27</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 4 kondisi <i>stillwater</i> ..	50
<b>Gambar 4.28</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 4 kondisi <i>hogging</i> ....	50
<b>Gambar 4.29</b> <i>Shear Force</i> dan <i>Bending Moment</i> Skenario 4 kondisi <i>sagging</i> .....	51
<b>Gambar 4.30</b> Grafik <i>trendline shear force</i> dan <i>bending moment</i> .....	53
<b>Gambar 4.31</b> Penampang bagian sekitar <i>midship</i> tongkang.....	54
<b>Gambar 4.32</b> <i>Bending Moment</i> Maksimum pada setiap Skenario.....	57
<b>Gambar 4.33</b> Struktur Lokal yang dimodelkan ( <i>frame 26-29</i> ).....	58
<b>Gambar 4.34</b> Model struktur lokal .....	58
<b>Gambar 4.35</b> Diskritisasi ( <i>meshing</i> ) struktur lokal.....	59

<b>Gambar 4.36</b> <i>Setup</i> beban dan tumpuan pada struktur lokal .....	60
<b>Gambar 4.37</b> Tegangan maksimum <i>von-mises</i> .....	61
<b>Gambar 4.38</b> Detail lokasi tegangan maksimum .....	61

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Dimensi utama tongkang .....	27
<b>Tabel 4.2</b> Kekuatan memanjang tongkang kondisi <i>lighship</i> . ....	31
<b>Tabel 4.3</b> Distribusi beban-beban vertikal jembatan pada tiap tumpuan .....	32
<b>Tabel 4.4</b> Validasi model kondisi <i>lightship</i> (draft: 0.86 m) .....	35
<b>Tabel 4.5</b> Validasi model kondisi <i>full load</i> (draft: 4.7 m).....	35
<b>Tabel 4.6</b> Validasi volume tangki <i>ballast</i> kondisi penuh .....	36
<b>Tabel 4.7</b> Perbandingan kondisi <i>lighship</i> .....	37
<b>Tabel 4.8</b> Skenario <i>Ballasting</i> .....	40
<b>Tabel 4.9</b> <i>Shear Force</i> pada setiap Skenario .....	51
<b>Tabel 4.10</b> <i>Bending Moment</i> pada setiap Skenario .....	52
<b>Tabel 4.11</b> Hasil perhitungan Momen Inersia .....	55
<b>Tabel 4.12</b> Hasil perhitungan modulus penampang .....	55
<b>Tabel 4.13</b> Hasil perhitungan <i>allowable stress</i> .....	56
<b>Tabel 4.14</b> <i>Material Properties</i> pemodelan lokal .....	58
<b>Tabel 4.15</b> Beban yang bekerja pada struktur lokal .....	59

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam rangka percepatan pembangunan infrastruktur di bagian Indonesia timur, pemerintah saat ini membangun jembatan Holtekamp yang menghubungkan distrik Hamadi (Jayapura selatan) dengan distrik Muara Tami (Kota Jayapura). Dengan adanya jembatan tersebut, diharapkan dapat menstimulasi pertumbuhan ekonomi yang ada di Papua, terutama di wilayah Jayapura selatan. Desain jembatan yang dibuat Waagner Biro tersebut terdiri dari 2 bentang (span) jembatan, dimana fabrikasi kedua span tersebut dilakukan di galangan milik PT. PAL Surabaya yang kemudian ditransportasikan ke lokasi instalasi menggunakan kapal tongkang.

Jenis kapal tongkang (*barge*) merupakan alat transportasi yang cocok untuk mengangkut muatan berat dengan dimensi yang cukup besar seperti struktur anjungan lepas pantai maupun bentang jembatan. Semakin besar dimensi *barge* yang diperlukan untuk mengangkut muatan, maka semakin mahal biaya sewa yang harus dikeluarkan oleh penyewa. Pertimbangan pemilihan tongkang tidak hanya pemenuhan kebutuhan kapasitas ruang muat diperlukan. Permasalahan yang sangat penting selain itu adalah kemampuan tongkang untuk menahan beban muatan di atasnya (*barge strength*).

Perhitungan kekuatan memanjang kapal dengan ukuran yang relatif besar sangat penting dilakukan sebagai acuan untuk mengukur kekuatan kapal secara umum seperti yang telah disyaratkan oleh badan/biro klasifikasi. *American Bureau of Shipping* (ABS) mensyaratkan perhitungan kekuatan kapal tongkang dengan panjang tidak kurang dari 76 m. Sedangkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) mensyaratkan perhitungan kekuatan memanjang untuk kapal dengan ukuran tidak kurang dari 65 m.

Tugas akhir ini bertujuan untuk menghitung kekuatan memanjang *barge* yang digunakan untuk mengangkut jembatan holtekamp mampu menahan beban akibat gaya geser (*shear stress*) maupun momen tekuk (*bending moment*) yang terjadi pada tongkang sesuai dengan peraturan (*rules*) yang ditetapkan oleh badan



klasifikasi yaitu Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dan *American Bureau of Shipping* (ABS).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Beberapa permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana distribusi beban yang terjadi pada tongkang akibat muatan jembatan?
2. Berapa gaya geser dan momen lengkung maksimum yang terjadi pada tongkang?
3. Apakah kekuatan memanjang tongkang telah memenuhi aturan yang disyaratkan oleh BKI dan ABS?
4. Berapa tegangan maksimum yang mungkin terjadi pada tongkang?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Memperoleh distribusi beban yang terjadi pada tongkang akibat muatan jembatan.
2. Memperoleh besar gaya geser dan momen lengkung maksimum yang terjadi pada tongkang dengan beberapa skenario yang telah ditentukan.
3. Mengetahui kekuatan memanjang tongkang yang disyaratkan oleh badan/biro klasifikasi (BKI dan ABS).
4. Memperoleh tegangan maksimum yang mungkin terjadi pada tongkang.

## **1.4 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Menambah pengetahuan tentang beberapa aturan badan/biro klasifikasi terkait kekuatan memanjang kapal.
2. Berguna untuk melengkapi beberapa kajian yang telah dilakukan tentang analisis kekuatan memanjang kapal sebagai bahan bacaan maupun referensi tugas akhir selanjutnya.

### 1.5 Batasan Masalah

1. Muatan tongkang merupakan bentang jembatan holtekamp yang dibuat di galangan PT. PAL Surabaya.
2. Tongkang yang digunakan untuk analisis adalah WINPOSH 3301 milik PT. Wintemar Offshore Marine.
3. Badan/biro klasifikasi yang digunakan sebagai acuan perhitungan kekuatan memanjang adalah BKI dan ABS.
4. Skenario dalam perhitungan kekuatan memanjang ada 4, yaitu:
  - a. Skenario I, dengan sarat 3,3 m (*even keel*).
  - b. Skenario II, dengan sarat rata-rata 3 m, *trim by stern* 50 cm.
  - c. Skenario III, dengan sarat rata-rata 2,8 m, *trim by stern* 80 cm.
  - d. Skenario IV, dengan sarat rata-rata 2,3 m, *trim by stern* 80 cm.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Analisis tentang perhitungan kekuatan memanjang kapal pernah dilakukan sebelumnya oleh Hidayat dan Intan (2017). Keduanya melakukan analisis kekuatan memanjang kapal dengan objek kapal survei Geomarin IV. Penelitian yang dilakukan oleh Hidayat (2017) lebih menekankan analisis gaya geser dan momen lengkung saat kapal mengalami gerakan kopel *heave* dan *pitch* dengan pendekatan quasi statis menggunakan *strip theory*. Selain itu juga dilakukan perhitungan untuk mengetahui potensi terjadinya kegagalan *longitudinal buckling* kapal dalam keadaan gelombang ekstrim. Penelitian yang dilakukan dilengkapi dengan analisa lokal untuk mendapatkan tegangan *ultimate* kapal. Sedangkan Intan (2017) menambahkan beban slamming yang mengakibatkan penambahan bending momen yang bekerja pada kapal.

#### **2.2 DASAR TEORI**

##### **2.2.1 Pembebanan pada Kapal**

Rosyid (2000) mengelompokkan beban-beban yang bekerja pada kapal menjadi empat jenis beban, yaitu:

a. Beban statis

Yaitu beban yang berubah hanya apabila berat total kapal berubah akibat bongkar muat, pemakaian bahan bakar, atau perubahan kapal itu sendiri.

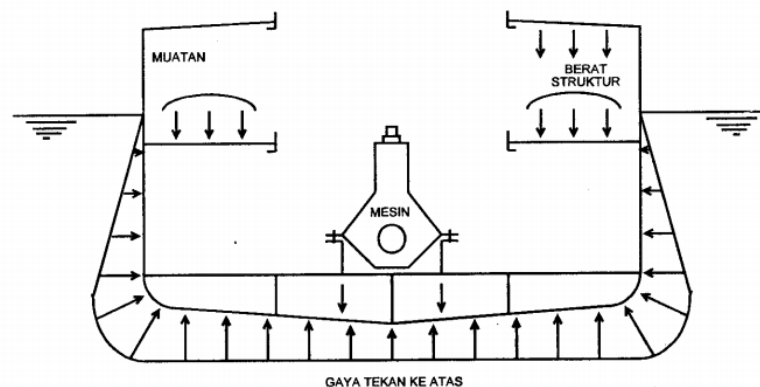
- Berat kapal dan seluruh isinya.
- Gaya tekan ke atas (*bouyancy*) saat diam atau bergerak.
- Beban suhu (*thermal*) dalam lambung kapal.
- Beban terpusat akibat *dry docking* dan kandas.

b. Beban dinamis berfrekuensi rendah.

Yaitu beban yang berubah besarnya dalam rentang periode waktu beberapa detik sampai beberapa menit. Dikatakan berfrekuensi rendah karena beban

tersebut relatif rendah frekuensinya dibandingkan dengan respon getaran kapal yang dapat menyebabkan terjadinya resonansi.

- Variasi tekanan pada lambung akibat gelombang.
  - Variasi tekanan pada lambung akibat gerakan osilatoris kapal.
  - Reaksi inersial akibat percepatan massa kapal beserta isinya.
- c. Beban dinamis berfrekuensi tinggi
- Yaitu beban yang besaenya berubah dengan frekuensi yang cukup tinggi untuk menimbulkan respon getaran pada kapal. Besarnya beban bersebut relatif kecil, namun dampaknya bisa saja cukup signifikan akibat adanya resonansi.
- Beban hidrodinamis akibat propeller.
  - Beban akibat permesinan kapal.
  - Beban hidroelastis akibat interaksi komponen kapal (misal:kemudi) dengan fluida disekeliling kapal.
  - Beban akibat gelombang pendek yang memiliki frekuensi sama dengan frekuensi natural kapal.
- d. Beban tumbuk
- Yaitu beban akibat terjadinya *slamming* atau pukulan gelombang dan lambung haluan atau bagian lambung lainnya, termasuk pengaruh siraman air di atas geladak. Beban tumbuk dapat mengakibatkan getaran transient pada lambung, yang disebut sebagai *whipping*.



**Gambar 2.1** Komponen beban statis pada kapal (Rosyid, 2000, p. 29)

### 2.2.2 Beban Gelombang

Sepertinya yang disebutkan pada sub-bab sebelumnya bahwa beban gelombang yang terjadi pada kapal sebagian besar berfrekuensi rendah. Walaupun beban-beban tersebut mampu menggerakkan kapal, efek dinamis yang mengakibatkan pembesaran tegangan dapat diabaikan. Selanjutnya beban tersebut dapat diperlakukan sebagai beban kuasi-statis, dimana respon struktur seperti tegangan dan lendutan dapat dihitung menggunakan metode analisis struktur.

Rosyid (2000) menyebutkan ada empat metode yang dapat digunakan untuk menaksir beban gelombang serta gaya geser dan momen lengkung yang dapat ditimbulkannya:

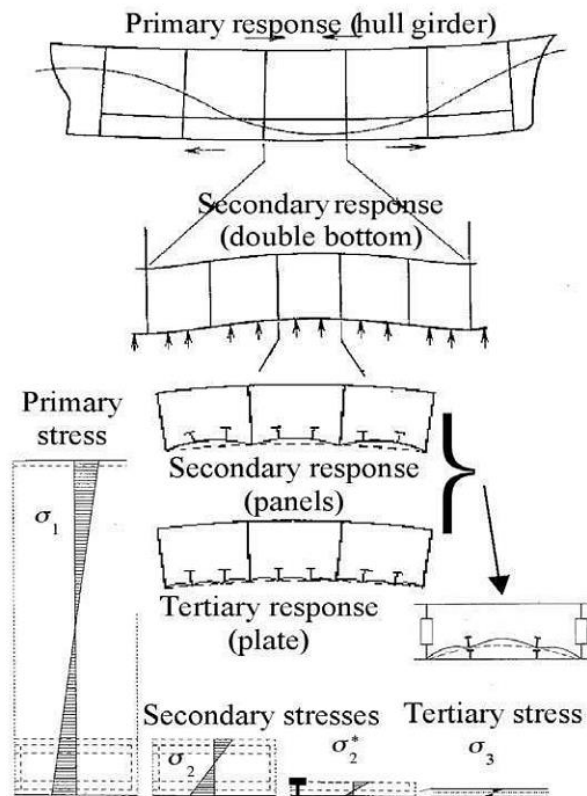
- a. Metode pendekatan
- b. Pengukuran langsung pada kapal
- c. Pengukuran beban pada model kapal di laboratorium
- d. Perhitungan langsung berdasar pada teori hidrodinamika

Pada umumnya perhitungan beban gelombang dilakukan dengan metode pendekatan, terlebih pada saat *preliminary design*. Metode tersebut menggunakan perumusan semi empiris dan perhitungan kuasi-statis. Perhitungan beban gelombang dengan pendekatan sendiri dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode gelombang desain dan metode analisis spektral (Shama, 2013, p. 117).

### 2.2.3 Respon Struktur Kapal

Konstruksi kapal terdiri dari beberapa komponen struktur yang cukup rumit berupa panel-panel pelat berpenegar. Untuk mempermudah dalam melakukan analisis respon struktur kapal, dilakukan pengelompokan respon struktur kapal sebagai berikut:

- a. Respon primer : tegangan dan lenturan badan kapal yang berlaku sebagai sebuah kapal.
- b. Respon sekunder : tegangan dan lenturan dari konstruksi datar besar yang berpenegar.
- c. Respon tersier : tegangan dan lenturan bagian pelat atau kulit diantara penegar.



**Gambar 2.2** Respon struktur kapal (SNAME, 2003, p. 18/21)

#### 2.2.4 Kekuatan Kapal

Dalam mendesain atau melakukan peninjauan terhadap kekuatan kapal, terdapat 3 kriteria kekuatan yang perlu untuk dilakukan analisis:

a. Kekuatan memanjang

Merupakan kemampuan struktur kapal untuk menahan beban sepanjang arah longitudinal kapal dimana beban-beban tersebut ditumpu oleh struktur memanjang kapal (*longitudinal hull girder*). Kekuatan memanjang merupakan aspek fundamental untuk memastikan keamanan pada kapal (Yao, T et al., 2016, p. 319)

b. Kekuatan melintang

Merupakan kemampuan struktur untuk menahan beban yang cenderung mengakibatkan distorsi pada bagian konstruksi melintang (*cross section*) yang disebut sebagai *racking*. Sedangkan perhitungan kekuatan memanjang kapal

mengasumsikan bahwa tidak terjadi distorsi pada konstruksi melintang (SNAME, 2003, p. 18/32).

c. Kekuatan lokal

Merupakan kemampuan struktur kapal untuk menahan beban yang berlaku secara lokal pada sebuah sub-struktur kapal yang ditinjau. Kriteria kekuatan lokal diperlukan untuk kapal jenis *Bulk Carriers* dengan panjang minimum 190 m (BKI, 2017, p. Section 23 F 31/40).

### 2.2.5 Kekuatan Memanjang Kapal

Sebuah kapal diidealisasikan seperti sebuah balok saat mengalami respon primer (gambar 2.2.3.1) dimana lambung kapal tersebut dapat dianggap sebagai sebuah *box-shape girder* yang kemudian disebut sebagai *hull girder* (SNAME, 2003, p. 18/21). Pada kondisi ini, dapat dilakukan beberapa simplifikasi pengasumsian dan perkiraan/pendekatan perihal perilaku *hull girder* sesuai dengan teori balok sederhana (Hughes, 2010, p. 3/1).

- a. Hanya terdapat satu variabel bebas, posisi secara longitudinal, beban dan defleksi hanya memiliki satu nilai pada setiap *cross section*.
- b. *Hull girder* dianggap elastis, defleksinya kecil dan regangan longitudinal akibat *bending* bervariasi secara linier terhadap *cross section* dalam beberapa sumbu transversal tidak mengalami regangan (sumbu netral).
- c. Efek dinamis dibisa diabaikan atau dihitung oleh beban statis equivalen, sehingga keseimbangan statis dapat digunakan.
- d. Selama lekukan (*bending strain*) bersifat linier, momen lengkung horisontal atau vertikal dapat dipisah atau dilapiskan diatasnya.

Beban yang bekerja pada *hull girder* terdiri dari komponen beban statis dan dinamis. Berikut merupakan beban-beban yang diasumsikan bekerja pada *hull girder*.

- a. Momen lengkung (M)
- b. Gaya geser (Q)
- c. Beban puntir



- d. Beban lokal (*panting, pounding*)

Sedangkan momen lengkung itu terdiri dari 3 komponen:

- a. Momen lengkung pada air tenang ( $M_{sw}$ ).
- b. Momen lengkung akibat gelombang ( $M_w$ ).
- c. Momen lengkung dinamis (*slamming, springing*).

Diantara komponen beban diatas, gaya geser (*shear force*) momen lengkung (*bending moment*) dilaut tenang dianggap sebagai komponen signifikan dalam pembebanan longitudinal kapal (Shama, 2013, p. 117). Momen lengkung didapatkan dari hasil integrasi gaya geser kapal. Sedangkan gaya geser sendiri didapatkan dari integrasi sitem pembebanan kapal yang merupakan resultan dari distribusi komponen gaya berat dengan gaya tekan keatas sepanjang kapal.

Pada kenyataanya kapal berlayar pada laut yang bergelombang, dimana setiap wilayah laut tertentu memiliki karakteristik gelombangnya sendiri. Ketika sebuah kapal bertemu dengan gelombang, gaya tekan ke atas yang bekerja pada kapal menjadi tidak merata. Kondisi tersebut mengakibatkan sistem pembebanan pada kapal berubah, sehingga besarnya gaya geser dan momen lengkung kapal akibat gelombang juga berubah. Untuk memperhitungkan momen lengkung yang terjadi akibat gelombang ( $M_w$ ) maka dilakukan pendekatan dengan dua kondisi.

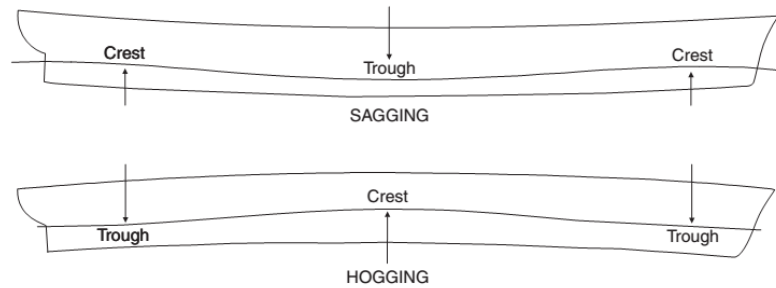
- a. Kondisi *sagging*

Yaitu kondisi dimana puncak gelombang berada pada kedua ujung kapal. Hal tersebut mengakibatkan gaya tekan ke atas pada daerah sekitar *midship* berkurang dan pada bagian ujung-ujungnya bertambah, sehingga kapal mengalami tekukan kebawah, dimana bagian bawah (*bottom*) kapal mengalami tarik dan bagian atas (*deck*) mengalami tekan.

- b. Kondisi *hogging*

Yaitu kondisi dimana puncak gelombang berada daerah *midship* kapal. Hal tersebut mengakibatkan gaya tekan ke atas pada daerah sekitar *midship* bertambah dan pada bagian ujung-ujungnya berkurang, sehingga kapal mengalami tekukan keatas, dimana bagian bawah

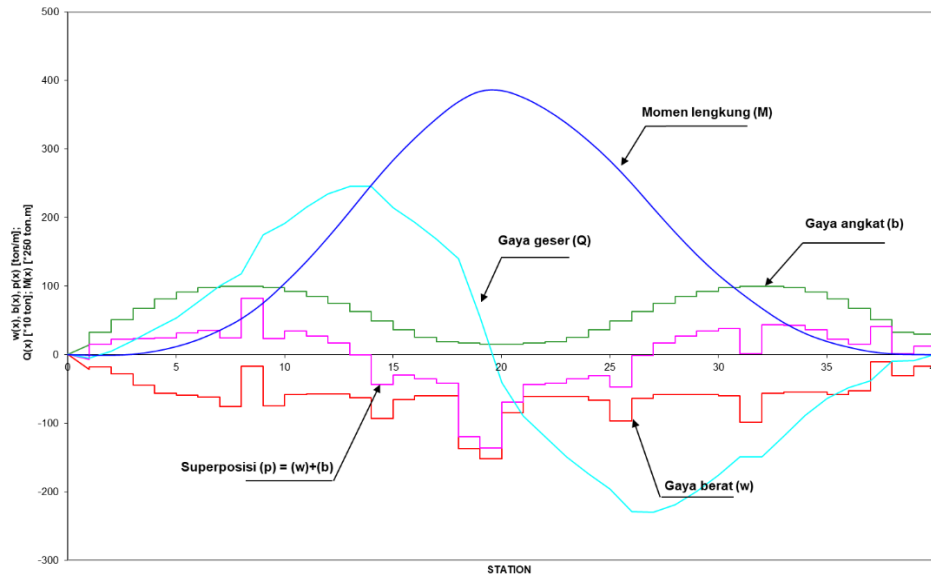
(*bottom*) kapal mengalami tekan dan bagian atas (*deck*) kapal mengalami tarik.



**Gambar 2.3** Kondisi *sagging* dan *hogging* (Bruce, 2012, p. 70)

### 2.2.6 Karakteristik Gaya Geser dan Momen Lengkung

Seperti yang terlihat pada grafik (gambar 2.2.7.1) bahwa gaya geser dan momen lengkung memiliki harga nol pada kedua ujungnya. Karena beban (superposisi antara gaya angkat dan gaya berat) adalah turunan dari gaya geser, maka pada titik dimana besar bebannya sama dengan nol memiliki harga gaya geser maksimum negatif maupun positif. Sama halnya dengan gaya geser yang merupakan turunan dari momen lengkung, maka pada titik dimana besar gaya gesernya sama dengan nol memiliki harga momen lengkung maksimum negatif pada saat *hogging* atau positif pada saat *sagging*. Pada umumnya, harga maksimum gaya geser terletak pada daerah  $(L/4)$  dan  $(3L/4)$  sedangkan momen lengkung maksimum terletak disekitar area midship  $(2L/4)$  kecuali pembebanan yang terjadi sangat asimetris.



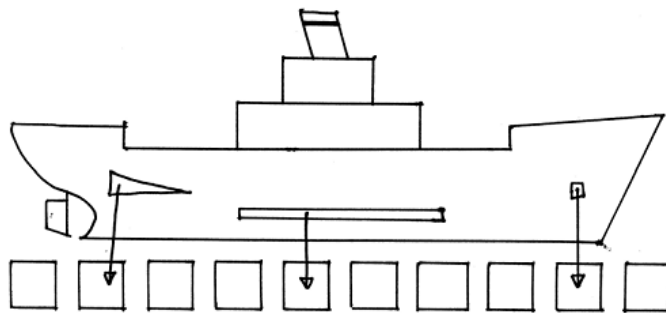
**Gambar 2.4** Grafik gaya geser dan momen lengkung pada kondisi *sagging*

### 2.2.7 Perhitungan Gaya Geser dan Momen Lengkung

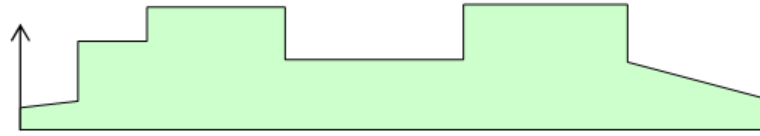
Ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk menghitung gaya geser dan momen lengkung pada kapal. Tahapan-tahapan tersebut antara lain:

a. Distribusi gaya berat ( $w(x)$ )

Hansch (2008) mengatakan lewat sebuah artikel ilmiah yang ditulisnya untuk SNAME pada tahun 2008 bahwa ada tiga metode yang bisa dilakukan untuk menghitung distribusi berat kapal. Ketiga metode tersebut yaitu metode pendekatan, metode pengelompokan (*bucket*) dan metode distribusi langsung. Sedangkan metode yang umum atau banyak digunakan adalah metode pengelompokan, dimana gaya berat dikelompokkan dalam *station* yang dibuat.



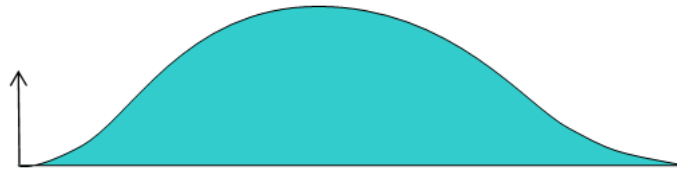
**Gambar 2.5** Ilustrasi metode *bucket* (Hansch, 2008)



**Gambar 2.6** Penyebaran gaya berat kapal

- b. Menghitung distribusi gaya tekan ke atas ( $b(x)$ )

Gaya tekan keatas merupakan reaksi antara massa air terhadap badan kapal yang tercelup air atau biasa disebut sebagai displasemen. Penyebaran gaya tekan ke atas pada saat kondisi air tenang dapat diperoleh melalui kurva bonjean. Sedangkan perhitungan pada kondisi laut bergelombang, harus ditentukan dahulu bentuk dari profil gelombang.

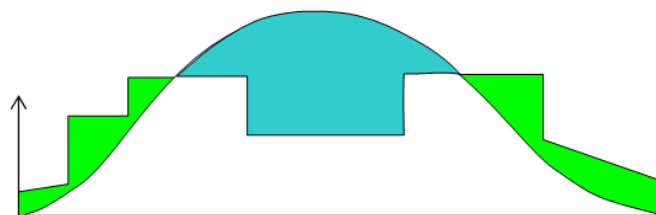


**Gambar 2.7** Penyebaran gaya tekan ke atas

- c. Distribusi beban kapal  $f(x)$

Distribusi beban sepanjang kapal diperoleh dari selisih antara gaya berat dengan gaya tekan ke atas.

$$f(x) = b(x) - w(x) \quad \text{Pers. (2.1)}$$



**Gambar 2.8** Distribusi beban sepanjang kapal

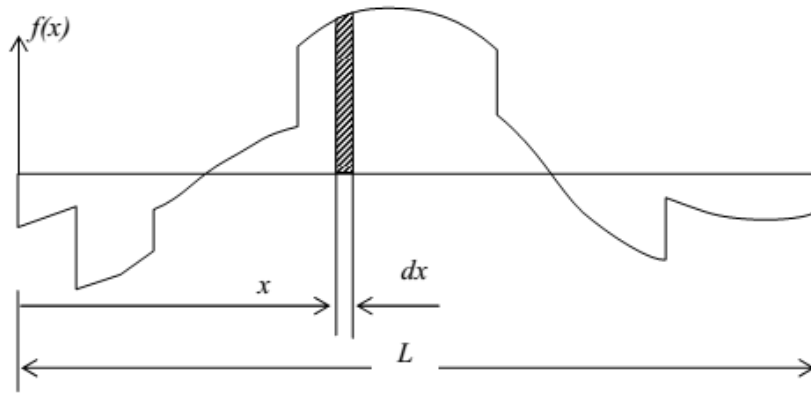
- d. Gaya geser ( $Q(x)$ )

Besarnya gaya geser diperoleh dari integral pertama dari distribusi beban kapal  $f(x)$ .

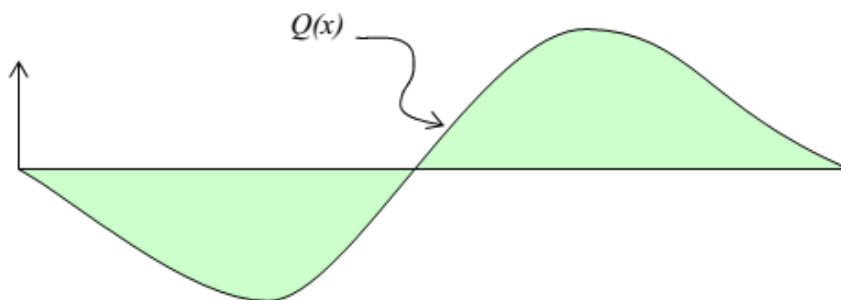
$$Q(x) = \int_0^L f(x) dx \quad \text{Pers. (2.2)}$$

$$Q(x) = \int_0^L b(x) - w(x) dx \quad \text{Pers. (2.3)}$$

Dimana konstanta integrasi sama dengan nol, karena  $Q(0) = 0$



**Gambar 2.9** Integral beban sepanjang kapal



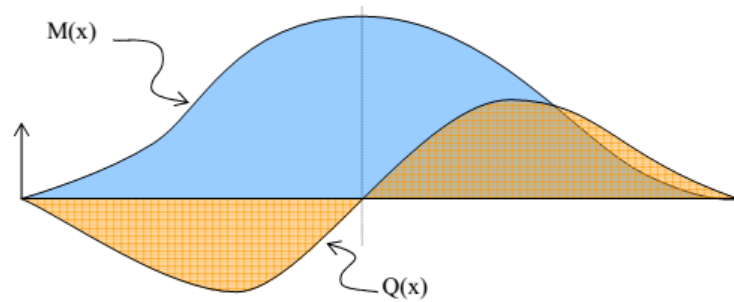
**Gambar 2.10** Gaya geser sepanjang kapal

e. Momen lengkung

Momen lengkung didapatkan dari integrasi gaya geser atau dengan kata lain momen lengkung merupakan integrasi kedua dari distribusi beban sepanjang kapal.

$$M(x) = \int_0^L Q(x) dx \quad \text{Pers. (2.4)}$$

$$M(x) = \iint_0^L b(x) - w(x) dx dx \quad \text{Pers. (2.5)}$$



**Gambar 2.11** Gaya geser dan momen lengkung

Momen lengkung yang digunakan untuk menghitung kekuatan memanjang kapal merupakan momen lengkung total ( $M$ ) yang diperoleh dari penjumlahan momen lengkung pada kondisi air tenang ( $M_{sw}$ ) dan momen lengkung akibat gelombang ( $M_w$ ) dan mengabaikan momen lengkung dinamis akibat beban *slamming* dan *springing*.

$$M = M_{sw} + M_w \quad \text{Pers. (2.6)}$$

Momen lengkung akibat gelombang secara sederhana dapat dijelaskan oleh persamaan 2.6 (Bhattacharyya, 1978).

$$M_w = M_\xi + M_z + M_\theta \quad \text{Pers. (2.6)}$$

Dimana,

$M_\xi$  = Momen akibat profil gelombang

$M_z$  = Momen akibat gerakan *heave*

$M_\theta$  = Momen akibat gerakan *pitch*

Pada kondisi laut yang sebenarnya, gerakan *heave* dan *pitch* bisa terjadi secara simultan, sehingga efek gerakan tersebut yang dinamakan sebagai gerakan kopel *heave-pitch* harus diperhitungkan. Pendekatan gerakan tersebut serta momen lengkung yang diakibatkannya dapat jelaskan dengan *strip theory* yang pertama kali diperkenalkan oleh Korvin-Korkovsky pada tahun 1955 dan diperbarui bersama Jacob 2 tahun setelahnya. Sedangkan *strip theory* yang digunakan saat ini

merupakan STF *strip theory* yang dikembangkan oleh Salvesen, Tuck dan Faltinsen pada tahun 1970.

Semakin berkembangnya komputasi dalam sains dan teknologi mendorong perubahan signifikan dalam perhitungan gaya gelombang. *Three dimensional diffraction theory (panel method)* bisa digunakan untuk menghitung gaya gelombang yang bekerja pada struktur, salah satu kelebihan dari *panel method* adalah reliabel pada kondisi *headsea* miring.

## 2.2.8 Klasifikasi Kekuatan Memanjang

### 2.2.8.1 Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

Berikut ini merupakan beberapa kriteria persyaratan untuk kekuatan memanjang sebuah kapal menurut BKI. Aturan mengenai perhitungan kekuatan memanjang kapal dapat dilihat pada BKI *Part 1: Seagoing Ships, Volume II, Rules for Hull, Section 5 – Longitudinal strength & Section 31 – Barge and Pontoon*, Edisi 2017.

#### a. Modulus penampang minimum pada *midship*

$$W_{\min} = k \cdot c_0 \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0,7) 10^{-6} \quad \text{Pers. (2.7)}$$

Dimana,

$W_{\min}$  = Modulus penampang minimum *midship* pada *deck* ( $W_D$ ) maupun *bottom* ( $W_B$ ) [ $m^3$ ]

$k$  = faktor material  
= 1 (normal)

$c_0$  = koefisien gelombang  
=  $[10,75 - [(300-L)/100]^{1,5}] \cdot c_{rw}$  Pers. (2.8)

$c_{rw}$  = koefisien *service range*  
= 1 (*unlimited service range*)

$L$  = panjang kapal [m]

$B$  = lebar kapal [m]

$C_B$  = koefisien blok

b. Momen Inersia pada *midship*

$$I_y = 3 \cdot 10^{-2} \cdot W \cdot L/k \text{ [m}^3\text{]} \quad \text{Pers. (2.9)}$$

Dimana,

$I_y$  = momen inersia

$W$  = modulus penampang *deck* ( $W_D$ ) dan *bottom* ( $W_B$ ) [ $\text{m}^3$ ]

$L$  = panjang kapal [m]

$k$  = faktor material

c. Tegangan ijin

$$\text{Bending stress, } \sigma_b = 150 / k \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad \text{Pers. (2.10)}$$

Dimana,

$k$  = faktor material

#### 2.2.8.2 American Bureau of Shipping (ABS)

Berikut ini merupakan beberapa kriteria persyaratan untuk kekuatan memanjang sebuah kapal menurut ABS.

a. Modulus penampang minimum pada *midship*

$$SM_R = K \cdot SM_b \quad \text{Pers. (2.12)}$$

Dimana,

$SM_R$  = Modulus penampang minimum pada *midship* [ $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$ ]

$$K = 0,629 + M_S / (fp \cdot SM_b), K \geq 1 \quad \text{Pers. (2.13)}$$

$M_S$  = Momen lengkung maksimum di air tenang

$$fp = 17,5 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$$

$$SM_b = C_1 \cdot C_2 \cdot L^2 \cdot B (Cb + 0.7) \quad \text{Pers. (2.14)}$$

$$C_1 = 10,75 - ((300-L)/100)^{1.5} \quad \text{Pers. (2.15)}$$

$$C_2 = 0,01 (1,44 \cdot 10^{-4})$$

$L$  = panjang kapal [m]

$B$  = lebar kapal [m]

$Cb$  = koefisien blok



b. Momen inersia pada *midship*

$$I = 0,03 \cdot SM_R \cdot L \quad \text{Pers. (2.16)}$$

Dimana,

$I$  = Momen inersia [ $\text{cm}^2\text{m}^2$ ]

$SM_R$  = Modulus penampang minimum pada *midship* [ $\text{cm}^2\text{.m}$ ]

$L$  = panjang kapal [m]

### 2.2.9 Kekuatan Memanjang

Dalam melakukan *assesment* terhadap kekuatan pada sebuah *hull girder* kapal, dua hal penting yang sangat diperlukan adalah bagaimana melakukan estimasi terhadap beban ekstrem yang berlaku pada *hull girder* maupun estimasi terhadap kapasitas dari *hull girder* itu sendiri. Sampai saat ini, banyak penelitian yang ditujukan untuk memperbaiki pendekatan terhadap kedua aspek tersebut (Yao, T et al., 2016, p. 319).

Sebelum diberlakukannya *Common Structure Rules* (CSRs) oleh *International Association of Classification Societies* (IACS) pada tahun 2006, aturan badan klasifikasi mengatakan bahwa suatu member struktur tidak diperbolehkan untuk mengalami *buckling*. Sehingga kekuatan *ultimate* pada *hull girder* kapal tidak pertimbangan sebagai kapasitas *post buckling* sebuah struktur. Setelah adanya CRSs tersebut, evaluasi terhadap kekuatan *ultimate* pada *hull girder* terhadap *longitudinal bending* sangat diperlukan. Ketika momen lengkung ekstrem terjadi pada *hull girder*, member struktur yang mengalami tekan (*compression*) secara terus menerus akan mengalami *yielding*, *buckling* kemudian mencapai batas kekuatan *ultimate* dan akhirnya mengalami keruntuhan (*collapse*).

Berdasarkan *rules* dari BKI kekuatan *ultimate* pada *cross section* kapal akibat momen bending adalah sebagai berikut.

$$\left| M_{sw} + \frac{\gamma_{wv} \cdot M_{wv}}{c_v} \right| \leq \left| \frac{M_U}{\gamma_R} \right| \quad \text{Pers. (2.17)}$$

Dimana,

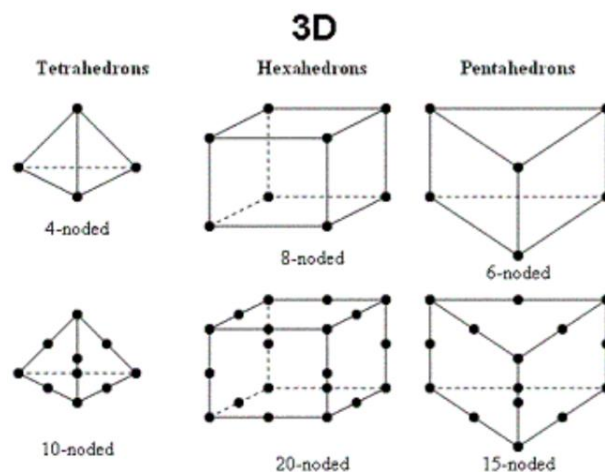
$C_v$  = faktor keamanan (1,2)

$M_u$  = ultimate vertical bending moment

### 2.2.10 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga (*Finite Element Method*) merupakan sebuah metode numerik untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan fisika matematis. Metode elemen hingga memerlukan prosedur diskritisasi (*discretization*) untuk dapat mengubah persamaan diferensial menjadi satu set persamaan aljabar (diskrit) yang terdiri dari matrik kekakuan, vektor gaya (*force vector*), dan vektor displacement yang belum diketahui. Prinsip dari diskritisasi pada metode elemen hingga adalah memodelkan struktur atau memodelkan elemen struktural menjadi suatu kumpulan elemen-elemen kecil (*assemblage*). (Susanto, 2004).

Elemen yang dimodelkan dalam FEM dapat berupa garis (1D), bidang (2D) maupun *solid* (3D). Sedangkan jenis elemen *solid* tiga dimensi sangat bervariasi, pada dasarnya ada empat macam element *solid* tiga dimensi, yaitu *tetrahedron* dengan empat titik, *penta* (*weck*) dengan enam titik, *hexahedron* (*brick*) dengan delapan titik dan *piramid* dengan lima titik. Untuk menambah keakuratan dalam analisis tegangan maka dapat ditambah titik ditengah-tengah antara dua titik. Elemen *solid* tiga dimensi mempunyai kapasitas untuk analisis *plasticity*, *hyperelasticity*, *stress stiffening*, *creep*, *large deflection*, dan *large strain*.



**Gambar 2.12** Tipe elemen *solid* (3D)

### 2.2.11 Tegangan Von Mises

Penggabungan tegangan-tegangan utama pada suatu element merupakan suatu cara untuk mengetahui nilai tegangan maksimum yang terjadi pada elemen tersebut. Salah satu cara mendapatkan tegangan gabungan (majemuk) adalah dengan menggunakan formula tegangan Von Mises yang merupakan gabungan dari tegangan normal dan geser.

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad \text{Pers. (2.18)}$$

Dimana,

$\sigma_{eq}$  = tegangan equivalent von mises

$\sigma_x$  = tegangan normal sumbu x

$\sigma_y$  = tegangan normal sumbu y

$\sigma_z$  = tegangan normal sumbu z

$\sigma_{xy}$  = tegangan geser bidang xy

$\sigma_{yz}$  = tegangan geser bidang yz

$\sigma_{zx}$  = tegangan geser bidang zx

### 2.2.12 ANSYS

ANSYS merupakan salah satu software untuk rekayasa struktur berbasis FEM. Beberapa tahapan untuk melakukan analisis dengan ANSYS adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan geometri model
- b. Pemilihan dan penentuan tipe elemen dan properti dari material
- c. Pembuatan elemen hingga (*mesh*)
- d. Pembebanan dan analisis
- e. Pembacaan output hasil analisis

Di dalam program tersebut terdiri dari beberapa *interface* yang berfungsi untuk memudahkan pengguna untuk melakukan analisis, yaitu:

a. *Preference*

*Preference* memuat beberapa bidang analisa yang perlukan dalam pengerjaan. Beberapa diantaranya yaitu: Analisa struktur, thermal, fluida dan elektromagnetik.

b. *Preprocessor*

*Preprocessor* memuat menu untuk pembuatan model (2D maupun 3D) yang akan dianalisa, seperti pembuatan geometri, penentuan sifat material, pembuatan elemen dan nodal.

c. *Solution*

*Solution* merupakan metode yang akan dipilih untuk mendapatkan solusi dari analisis yang dilakukan dengan basis *finite different*, *finite element* maupun *finite volume*.

d. *Postprocessor*

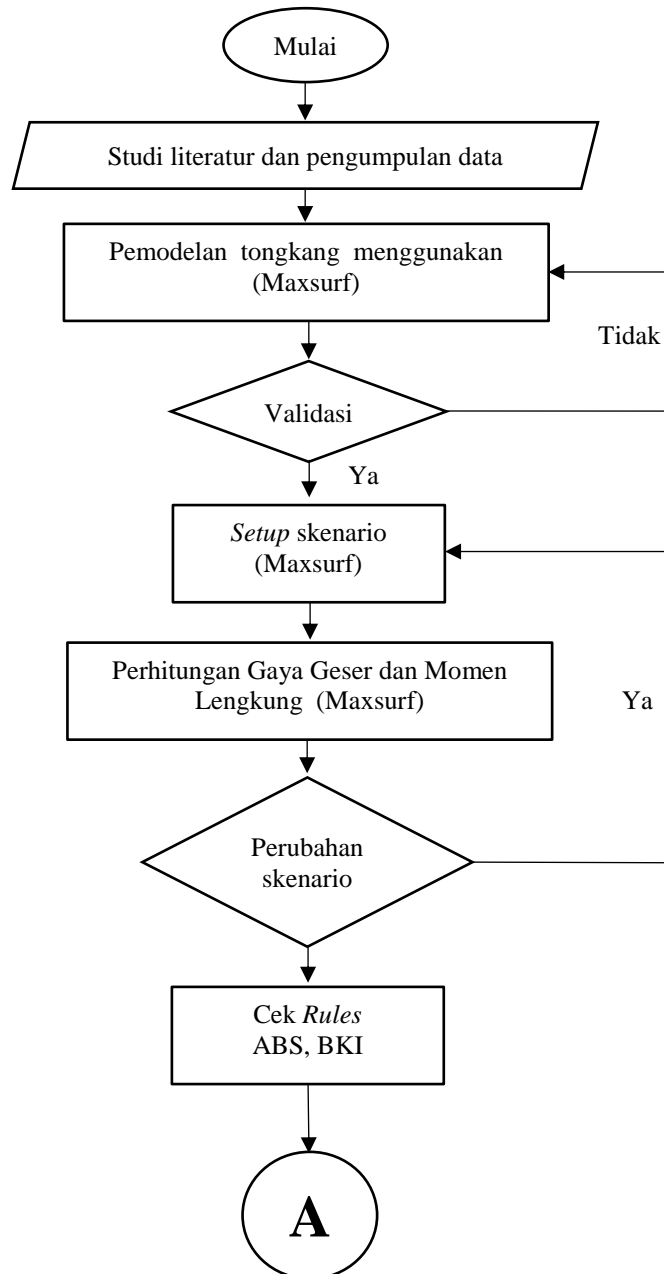
*Postprocessor* digunakan untuk menampilkan hasil analisis yang dapat ditampilkan secara grafik berupa gambar dengan gradien warna untuk menunjukan komputasi pada nodal maupun secara numerik berupa angka dari hasil komputasi tiap nodal.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

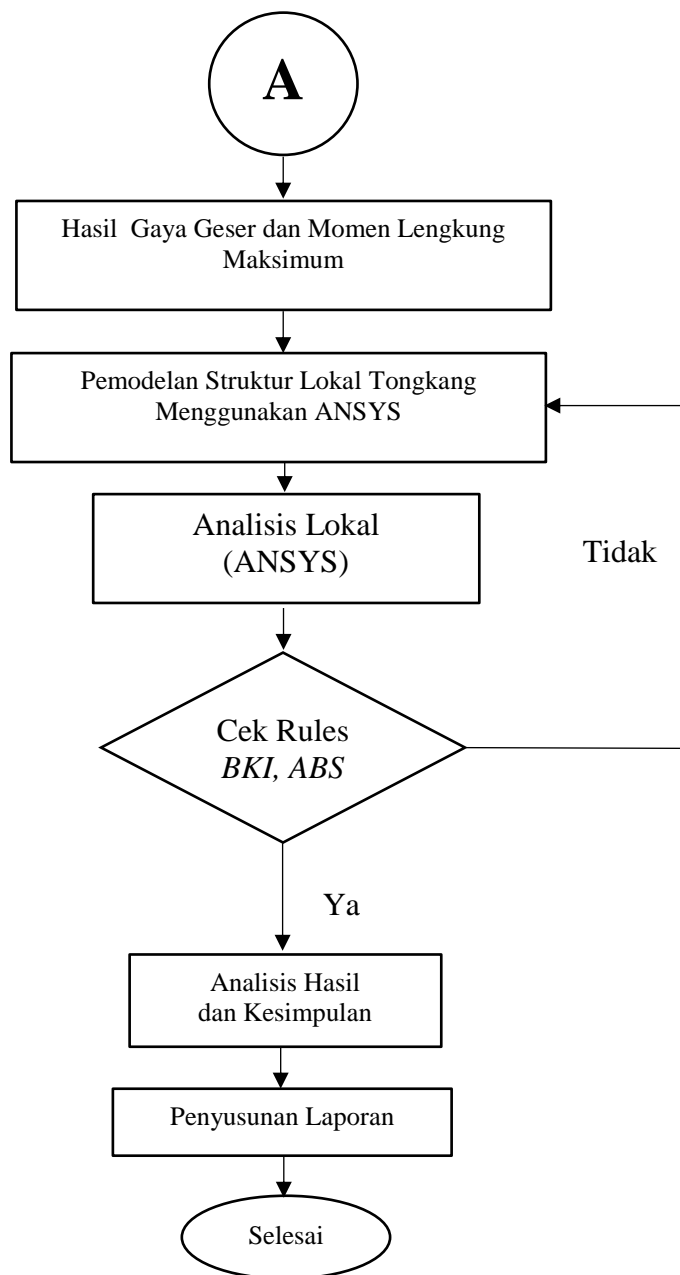
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir yang menggambarkan metodologi penelitian yang dilakukan.



**Gambar 3.1** Diagram alir pengerjaan tugas akhir



**Gambar 3.2** Diagram alir pengerjaan tugas akhir (lanjutan)

### 3.2 Penjelasan Diagram Alir

Berikut ini merupakan penjelasan betoberapa tahapan dalam pengerjaan tugas berdasarkan diagram alir yang telah dibuat (Gambar 3.1.1):

#### 1. Studi literatur dan pengumpulan data.

Tahap ini merupakan tahapan awal dari proses penelitian. Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi sebanyak-banyaknya terkait

kekuatan memanjang kapal. Disamping itu, juga dilakukan pengumpulan beberapa data yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian. Data-data tersebut antara lain: Data bentang jembatan serta peletakan terhadap tongkang, *General arrangement* serta *construction plan* tongkang, Data lingkungan rute transportasi tongkang.

## 2. Pemodelan tongkang.

Dalam penelitian ini dilakukan 3 kali pemodelan :

### a. Pemodelan menggunakan Maxsurf.

Pemodelan tersebut bertujuan untuk memperoleh model tongkang yang mendekati kondisi sebenarnya dengan memvalidasi sifat hidrostatik.

### b. Pemodelan menggunakan MOSES.

Pemodelan tersebut yang bertujuan untuk memperoleh besar gaya geser dan momen lengkung yang terjadi pada tongkang tiap skenario.

### c. Pemodelan dengan ANSYS.

Pemodelan tersebut bertujuan untuk memperoleh besar tegangan maksimum yang mungkin terjadi pada tongkang.

## 3. Perhitungan kekuatan memanjang.

Setiap badan/biro klasifikasi memiliki aturan yang berbeda untuk menjamin keselamatan kerja. Kekuatan memanjang tongkang harus sesuai dengan aturan yang diberlakukan oleh BKI dan ABS.

## 4. Analisis lokal.

Analisis lokal menggunakan software ANSYS dilakukan pada daerah barge yang diduga rentan mengalami kegagalan.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data

Dalam melakukan analisis, pasti diperlukan beberapa data pendukung agar analisis tersebut dapat dilakukan. Berikut ini merupakan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis kekuatan memanjang kapal tongkang pengangkut muatan berat dengan studi kasus bentang (*span*) jembatan holtekamp:

##### 4.1.1 Dimensi Kapal

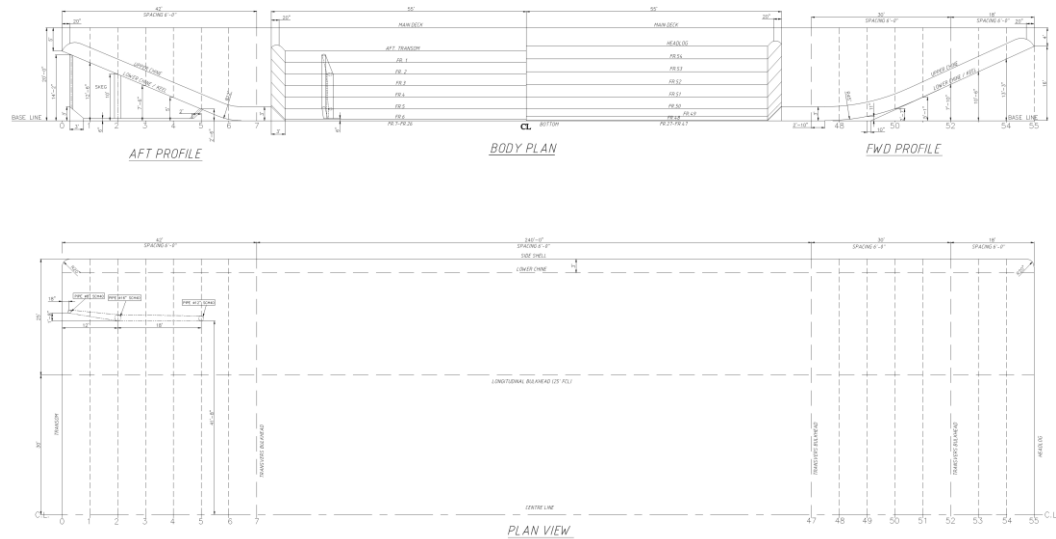
Dimensi utama tongkang digunakan memasukan input awal saat melakukan pemodelan menggunakan *Maxsurf Modeler*. Berikut merupakan dimensi utama tongkang WINPOSH 3301

**Tabel 4.1** Dimensi utama tongkang

No.	Dimensi	Ukuran
1.	Loa	100.58 m
2.	Lebar	33.53 m
3.	Tinggi	6.10 m
4.	Sarat	4.71 m

##### 4.1.2 Rencana Garis

Rencana garis merupakan gambar proyeksi kapal dari beberapa sisi/bidang yang pada umumnya terdiri gambar *body plan*, *halfbreadth plan*, dan *sheer plan*. sehingga dapat diketahui bentuk 3 dimensi dari kapal tongkang WINPOSH 3301. Kaitannya dengan tugas akhir, rencana garis dibutuhkan untuk memodelkan kapal menggunakan *Maxsurf Modeler*.



**Gambar 4.1** Rencana garis kapal tongkang WINPOSH 3301

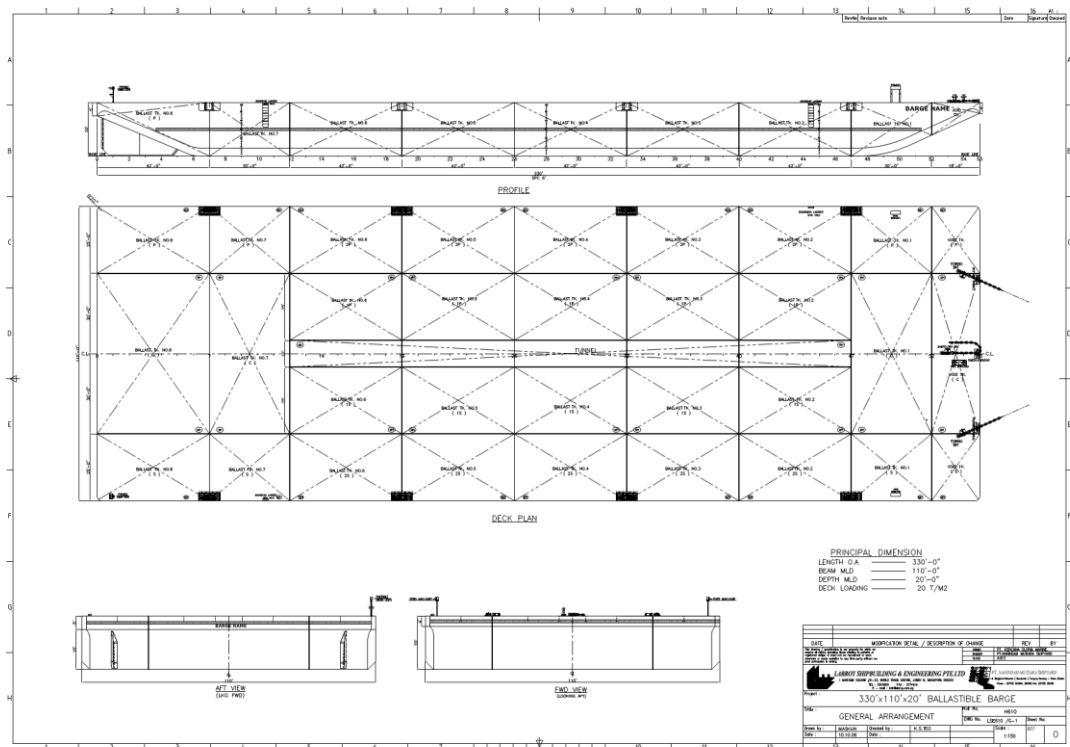
Rencana garis merupakan gambar proyeksi kapal dari beberapa sisi/bidang yang pada umumnya terdiri gambar *body plan*, *halfbreadth plan*, dan *sheer plan*. sehingga dapat diketahui bentuk 3 dimensi dari kapal tongkang WINPOSH 3301. Kaitannya dengan tugas akhir, rencana garis dibutuhkan untuk memodelkan kapal menggunakan *Maxsurf*.

#### 4.1.3 Hidrostatik Kapal

Karakteristik badan kapal yang tercelup dalam air dapat digambarkan dalam suatu kurva yang disebut sebagai kurva hidrostatik. Dalam melakukan pemodelan kapal, diperlukan pencocokan beberapa parameter hidrostatik dimana sifat hidrostatik dari model harus mendekati sifat hidrostatik kapal yang sebenarnya. Jika parameter hidrostatik model kapal tidak melebihi toleransi yang diizinkan, maka model kapal tersebut dianggap layak/valid untuk digunakan.

#### 4.1.4 Rencana Umum (*General Arrangement*)

Tongkang yang digunakan dalam tugas akhir merupakan jenis *ballastable barge*. Sehingga dalam tongkang tersebut terdapat tangki-tangki yang berfungsi sebagai *ballast tank*. Konfigurasi tangki *ballast* dapat diketahui dari rencana umum (*general arrangement*) WINPOSH 3301. Berikut merupakan gambar dari susunan tangki-tangki ballast yang terdapat pada WINPOSH 3301.



**Gambar 4.2** Rencana umum WINPOSH 3301

Selain parameter hidrostatik, kalibrasi dari semua kompartemen tangki yang ada juga harus divalidasi. Berikut merupakan data kalibrasi tangki NO.1 WB.TK C (1C). Data lengkap kalibrasi tangki *ballast* dari WINPOSH 3301 dapat dilihat dilampiran.

#### 4.1.5 Konstruksi Kapal (*Construction Plan*)

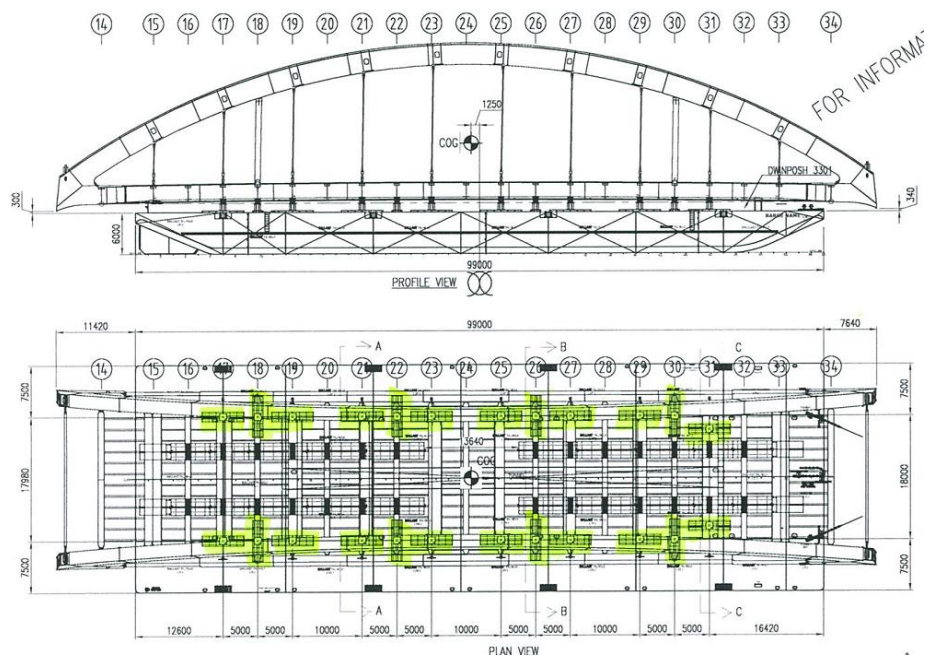
Tegangan yang terjadi pada sebuah struktur dapat diperoleh dari hasil bagi momen dengan modulus penampang struktur tersebut. Sehingga untuk mendapat memperoleh modulus penampang diperlukan data konfigurasi melintang struktur tongkang. Berikut merupakan gambar kontruksi melintang kapal tongkang WINPOSH 3301.



**Tabel 4.2** Kekuatan memanjang tongkang kondisi *lighship*.

LONGITUDINAL STRENGTH at Heel = Stbd 0.02 deg.					
FRAME	LOCATION	WEIGHT	BUOYANCY	SHEAR	MOMENT
	M.	MT/M.	MT/M.	MT	MT-M.
Frame 0	0.000	8.41		-0.0	-0.0
Frame 1	1.829f	11.23	0.42	17.8	16.3
Frame 2	3.658f	13.80	0.59	39.8	66.6
Frame 3	5.486f	15.76	0.54	65.8	162.6
Frame 4	7.315f	17.47	0.49	95.3	309.0
Frame 5	9.144f	19.01	2.35	127.7	511.9
Frame 6	10.973f	20.43	25.25	137.1	759.9
Frame 7	12.802f	21.73	27.79	125.6	999.6
Frame 8	14.630f	22.57	27.82	115.2	1,219.3
Frame 9	16.459f	23.43	27.85	106.4	1,421.1
Frame 10	18.288f	24.30	27.88	99.1	1,608.4
Frame 11	20.117f	24.79	27.91	93.0	1,783.6
Frame 12	21.946f	25.15	27.94	87.6	1,948.5
Frame 13	23.774f	25.18	27.97	82.5	2,103.8
Frame 14	25.603f	25.20	28.01	77.4	2,249.5
Frame 15	27.432f	25.20	28.04	72.2	2,385.8
Frame 16	29.261f	25.20	28.07	67.0	2,512.7
Frame 17	31.090f	25.20	28.10	61.7	2,630.1
Frame 18	32.918f	25.20	28.13	56.4	2,737.9
Frame 19	34.747f	25.20	28.16	51.0	2,835.9
Frame 20	36.576f	25.20	28.19	45.6	2,923.7
Frame 21	38.405f	25.20	28.22	40.1	3,001.6
Frame 22	40.234f	25.20	28.25	34.5	3,069.5
Frame 23	42.062f	25.20	28.28	28.9	3,127.3
Frame 24	43.891f	25.20	28.31	23.3	3,174.9
Frame 25	45.720f	25.20	28.34	17.6	3,212.0
Frame 26	47.549f	25.20	28.37	11.8	3,238.4
Frame 27	49.378f	25.20	28.40	6.0	3,254.3
Frame 28	51.206f	25.20	28.43	0.1	3,259.5
Frame 29	53.035f	25.20	28.46	-5.8	3,254.1
Frame 30	54.864f	25.20	28.49	-11.8	3,237.8
Frame 31	56.693f	25.20	28.52	-17.9	3,210.3
Frame 32	58.522f	25.20	28.55	-24.0	3,171.5
Frame 33	60.350f	25.20	28.58	-30.1	3,121.6
Frame 34	62.179f	25.20	28.61	-36.4	3,060.6
Frame 35	64.008f	25.20	28.64	-42.6	2,988.2
Frame 36	65.837f	25.19	28.67	-49.0	2,904.4
Frame 37	67.666f	25.19	28.71	-55.4	2,808.4
Frame 38	69.494f	25.19	28.74	-61.8	2,700.8
Frame 39	71.323f	25.20	28.77	-68.3	2,581.4
Frame 40	73.152f	25.22	28.80	-74.8	2,450.3
Frame 41	74.981f	25.23	28.83	-81.4	2,307.4
Frame 42	76.810f	25.22	28.86	-88.0	2,152.1
Frame 43	78.638f	25.20	28.89	-94.7	1,984.5
Frame 44	80.467f	25.18	28.92	-101.5	1,805.0
Frame 45	82.296f	24.86	28.95	-108.7	1,612.1
Frame 46	84.125f	24.55	28.98	-116.5	1,406.1
Frame 47	85.954f	24.05	29.01	-124.9	1,185.5
Frame 48	87.782f	23.00	27.97	-134.6	947.8
Frame 49	89.611f	21.95	19.75	-138.3	696.0
Frame 50	91.440f	20.23	3.08	-121.6	453.7
Frame 51	93.269f	17.83		-89.7	293.4
Frame 52	95.098f	15.44		-58.0	143.6
Frame 53	96.926f	12.17		-36.4	77.1
Frame 54	98.755f	8.61		-18.2	38.6
Frame 55	100.584f	5.06		0.0	0.0
S U M M A R Y					
Largest Shear:		-138.8 MT	at	89.000f	
Largest Bending Moment:		3,260 MT-M.	at	50.802f (Hogging)	

Jarak antar frame 1,86 meter atau 6 ft



**Gambar 4.4** Detail rencana pemuatan jembatan diatas tongkang

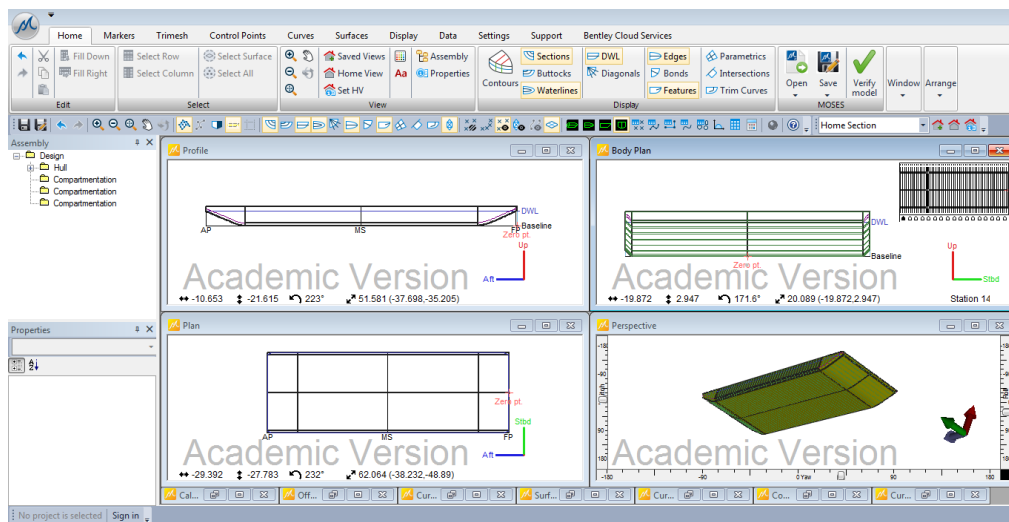
**Tabel 4.3** Distribusi beban-beban vertikal jembatan pada tiap tumpuan

Leg number	Reaction (kN)	Reaction incl 5% contingency (T)	Dynamic Load (T)	Roll Effect only on external lines (T)	Total Vertical Load (T)	Distributed Load on web (T)
16 P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16 S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17 P	796.00	85.20	15.59	48.00	148.79	50.27
17 S	796.00	85.20	15.59	-48.00	52.79	17.83
18 P	790.00	84.56	15.47	48.00	148.03	24.67
18 S	790.00	84.56	15.47	-48.00	52.03	8.67
19 P	773.00	82.74	15.14	48.00	145.88	49.28
19 S	773.00	82.74	15.14	-48.00	49.88	16.85
20 P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20 S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21 P	768.00	82.20	15.04	48.00	145.24	49.07
21 S	768.00	82.20	15.04	-48.00	49.24	16.64
22 P	767.00	82.09	15.02	48.00	145.12	24.19
22 S	767.00	82.09	15.02	-48.00	49.12	8.19
23 P	766.00	81.99	15.00	48.00	144.99	48.98
23 S	766.00	81.99	15.00	-48.00	48.99	16.55
24 P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24 S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25 P	816.00	87.34	15.98	48.00	151.32	51.12
25 S	816.00	87.34	15.98	-48.00	55.32	18.69
26 P	821.00	87.87	16.08	48.00	151.96	25.33
26 S	821.00	87.87	16.08	-48.00	55.96	9.33
27 P	821.00	87.87	16.08	48.00	151.96	51.34
27 S	821.00	87.87	16.08	-48.00	55.96	18.90
28 P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28 S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29 P	829.00	88.73	16.24	48.00	152.97	51.68
29 S	829.00	88.73	16.24	-48.00	56.97	19.25
30 P	840.00	89.91	16.45	48.00	154.36	25.73
30 S	840.00	89.91	16.45	-48.00	58.36	9.73
31 P	850.00	90.98	16.65	48.00	155.63	52.58
31 S	850.00	90.98	16.65	-48.00	59.63	20.14

## 4.2 Pemodelan

Pemodelan tongkang WINPOSH 3301 dilakukan dua kali, pertama menggunakan Maxsurf kemudian menggunakan MOSES. Pemodelan yang dilakukan dengan Maxsurf mengacu pada data rencana garis yang ada. Input awal pemodelan merupakan input dimensi utama kapal meliputi panjang (L), lebar (B) dan tinggi (D) dari tongkang, kemudian dilakukan *editing* hingga mendekati bentuk bentung bentuk asli tongkang.

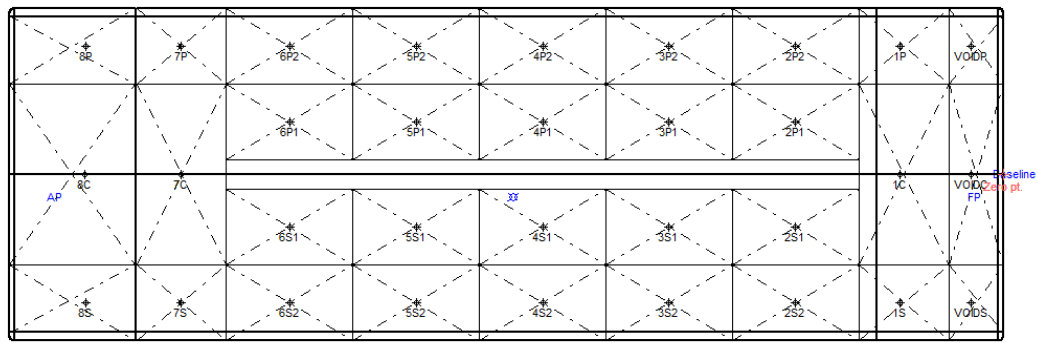
Setelah model tersebut dirasa sesuai dengan data *linesplan* maka diinputkan sarat kapal yang mewakili kondisi *lightship* dan *full load* untuk mendapatkan hidrostatik pada masing-masing kondisi. Kemudian nilai dari setiap parameter hidrostatik model dilakukan koreksi terhadap hidrostatik dari struktur asli WINPOSH 3301. Mengenai beberapa parameter hidrostatik yang digunakan untuk validasi akan dijelaskan pada sub-bab selanjutnya.



**Gambar 4.5** Pemodelan WINPOSH 3301 dengan *Maxsurf Modeler*

Pemodelan selanjutnya merupakan pemodelan tangki *ballast* dari WINPOSH 3301 yang mengacu pada data rencana umum (*general arrangement*). Kali ini pemodelan dilakukan menggunakan Maxsurf Stability dengan memasukan koordinat batas-batas tangki. Setelah selesai dimodelkan, besar volume kompartemen tangki harus divalidasi. Jika koreksi volumenya tidak melebihi yang diijinkan, maka model kompartemen tangki tersebut dapat digunakan. Hasil pemodelan kompartemen tangki *ballast* dapat dilihat pada gambar berikut.





**Gambar 4.6** Pemodelan tangki *ballast* dengan *Maxsurf Stability*

Setelah model lambung dan kompartemen tangki *ballast* menggunakan Maxsurf divalidasi, model tersebut kemudian dikonversi menjadi model yang dapat dibaca oleh *software* MOSES. Model hasil konversi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

### 4.3 Validasi

Untuk mengecek kesesuaian model yang dibuat dengan struktur asli kapal, perlu dilakukan suatu proses yang sebut sebagai validasi. Pada umumnya nilai toleransi dalam melakukan validasi tidak boleh lebih dari 5%. Jika nilai tersebut ddaapat dipenuhi, maka model tersebut dapat digunakan untuk melakukan analisis terkait karena telah dianggap sudah merepresentasikan kondisi aslinya. Beberapa parameter yang digunakan untuk validasi antara lain:

#### 4.3.1 Hidrostatik

Hidrostatik merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk memvalidasi model terhadap struktur aslinya. Pada umumnya validasi tersebut dilakukan kondisi *lightship* dan *full load*. Jika pada dua kondisi tersebut validasinya memenuhi, maka hidrostatik pada kondisi dengan sarat-sarat lain dari model tersebut juga akan memenuhi.

**Tabel 4.4** Validasi model kondisi *lightship* (draft: 0.86 m)

No.	Parameter	Model	WINPOSH 3301	Satuan	Koreksi
1	Displacement	2289,00	2262,71	t	1,15%
2	LCB from aft	50,55	50,03	m	0,15%
3	LCF from aft	50,36	50,22	m	0,08%
4	KB	0,44	0,43	m	1,59%
5	KMt	114,97	116,49	m	1,32%
6	KML	701,08	715,06	m	1,99%
7	Immersion (TPc)	28,26	28,31	ton/cm	0,17%
8	MTc	160,13	160,86	ton.m	0,46%

**Tabel 4.5** Validasi model kondisi *full load* (draft: 4.7 m)

No.	Parameter	Model	WINPOSH 3301	Satuan	Koreksi
1	Displacement	14360,000	14345,410	t	0,10%
2	LCB from aft	50,471	50,113	m	0,08%
3	LCF from aft	50,487	50,097	m	0,04%
4	KB	2,459	2,449	m	0,41%
5	KMt	24,857	24,860	m	0,01%
6	KML	202,511	202,460	m	0,03%
7	Immersion (TPc)	34,401	34,390	ton/cm	0,03%
8	MTc	290,209	288,760	ton.m	0,50%

#### 4.3.2 Tangki *Ballast*

Seperti yang telah diketahui pada sub-bab sebelumnya (

**Gambar 4.6)** bahwa bentuk tangki antara *portside* dan *starboard* adalah simetris. Sehingga volume tangki keduanya dianggap sama. Parameter yang digunakan untuk melakukan validasi hanya volume maksimum tangki yang dapat diisi oleh *ballast*.

Tabel 4.6 Validasi volume tangki *ballast* kondisi penuh

No.	Tangki	Volume ( m <sup>3</sup> )		Koreksi
		Model	WINPOSH 3301	
1	1C	889,99	876,06	1,59%
2	1P / 1S	367,01	361,30	1,58%
4	2P1 / 2S1	594,67	582,69	2,06%
5	2P2 / 2S2	589,32	577,50	2,05%
8	3P1 / 3S1	594,67	582,79	2,04%
9	3P2 / 3S2	589,32	577,58	2,03%
12	4P1 / 4S1	594,63	582,74	2,04%
13	4P2 / 4S2	589,27	577,54	2,03%
16	5P1 / 5S1	594,67	582,74	2,05%
17	5P2 / 5S2	589,32	577,53	2,04%
20	6P1 / 6S1	594,63	582,74	2,04%
21	6P2 / 6S2	589,27	577,54	2,03%
24	7C	1019,41	998,98	2,04%
25	7P / 7S	420,93	412,53	2,04%
27	8C	965,07	948,39	1,76%
28	8P / 8S	396,48	398,89	0,61%

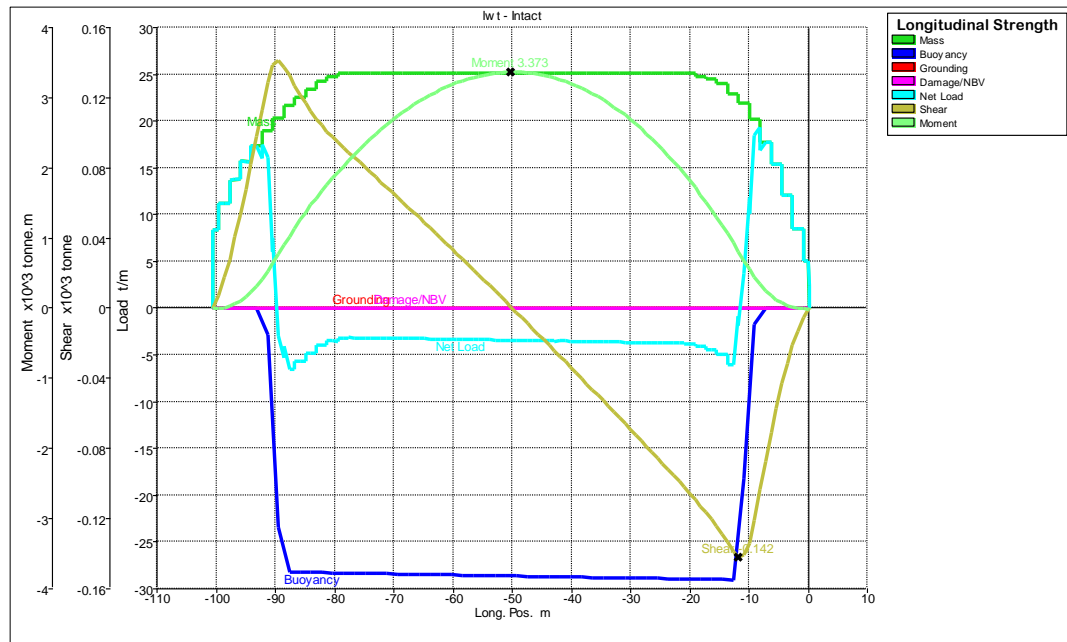
#### 4.3.3 Kondisi *lightship*

Untuk memudahkan dalam mendeteksi kesalahan dalam perhitungan *shear force* dan *bending moment* WINPOSH 3301 dengan skenario pemuatan jembatan, maka perlu dipastikan keakuratan distribusi berat tongkang yang telah dimodelkan. Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk mengukur keakuratan hal tersebut. Pertama, dengan melakukan pengecekan terhadap keseimbangan statis setelah dilakukan input distribusi berat tiap-tiap *frame* atau *station*. Sehingga didapatkan *draft* dan *trim* pada kondisi *lightship*. Kedua, dengan melakukan pengecekan terhadap *shear force* dan *bending moment* pada kondisi *lightship*. Validasi kekuatan memanjang dan keseimbangan statis pada kondisi *lightship* mengacu pada dokumen yang telah disetujui (*approved*) oleh badan klasifikasi (ABS). Berikut

merupakan perbandingan *shear force* dan *bending moment* antara perhitungan *software* dengan data yang ada di *booklet*.

Tabel 4.7 Perbandingan kondisi *lighship*

No.	Parameter	Maxsurf	WINPOSH 3301	Koreksi
1	<i>Displacement</i> (ton)	2277,64	2277,94	0,01%
2	<i>Draft</i> (m)	0,857	0,852	0,59%
3	<i>Trim / + Stern</i> (deg.)	-0,022	-0,031	-
4	<i>Max. shear</i> (ton)	-142	-138,8	2,31%
5	<i>Max. moment</i> (ton.m)	3373	3260	3,47%



Gambar 4.7 Grafik *shear force* dan *bending moment* kondisi *lightship*

#### 4.4 Analisis Hasil

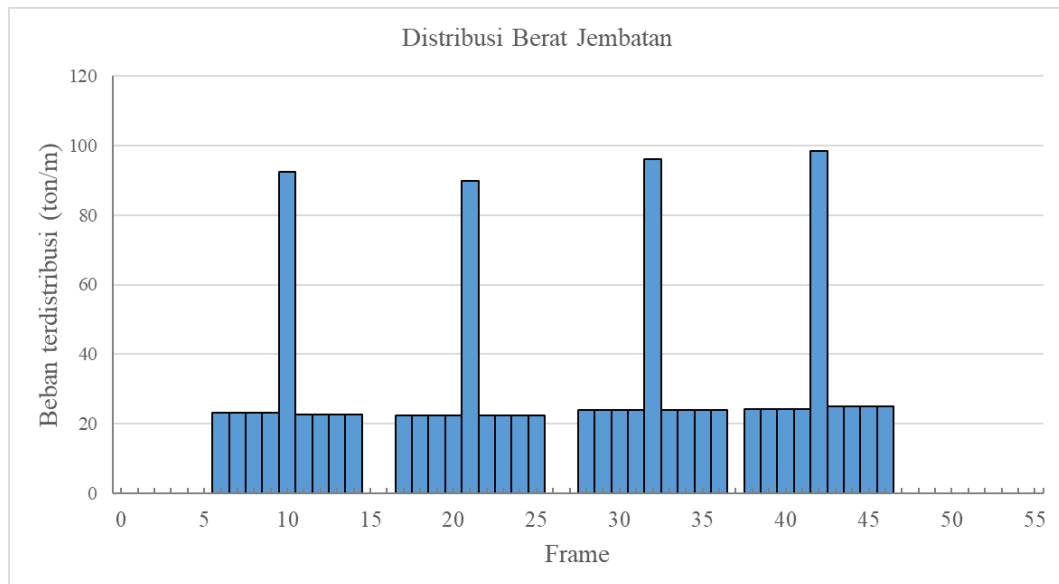
Seperti yang telah disebutkan pada BAB sebelumnya, bahwa analisis dilakukan sebanyak dua kali, menggunakan Maxsurf dan ANSYS. Setelah didapatkan gaya geser dan momen lengkung dari Maxsurf. Dari hasil perhitungan yang dilakukan pada setiap skenario, diperoleh gaya geser dan momen lengkung maksimum. Kemudian dari skenario dengan *bending moment* terbesar dilakukan

perhitungan tegangan yang diakibatkan oleh *bending*, dimana besarnya tegangan tidak boleh lebih besar dari tegangan ijin.

Analisis lokal menggunakan ANSYS bertujuan untuk mendapatkan tegangan maksimum yang mungkin terjadi pada tongkang pada skenario yang dianggap paling ekstrim. Daerah yang dipilih untuk dianalisis merupakan daerah kritis, dimana memiliki bending moment terbesar. Secara umum, *bending moment* terbesar berada pada daerah sekitar *midship*. Tegangan yang didapatkan dari analisis lokal dengan *finite element analysis* berupa tegangan von mises.

#### 4.4.1 Distribusi Berat Tongkang

Tahapan pertama dalam melakukan perhitungan *shear force* dan *bending moment* adalah menentukan distribusi beban yang terjadi pada tongkang. Beban yang bekerja pada antara lain berat tongkang, beban jembatan, dan *ballast*. Dalam hal ini berat tongkang dan beban jembatan adalah konstan pada setiap skenario. Sedangkan beban *ballast* besarnya berubah ubah-ubah pada setiap skenario. Berikut merupakan grafik dari distribusi berat tongkang.



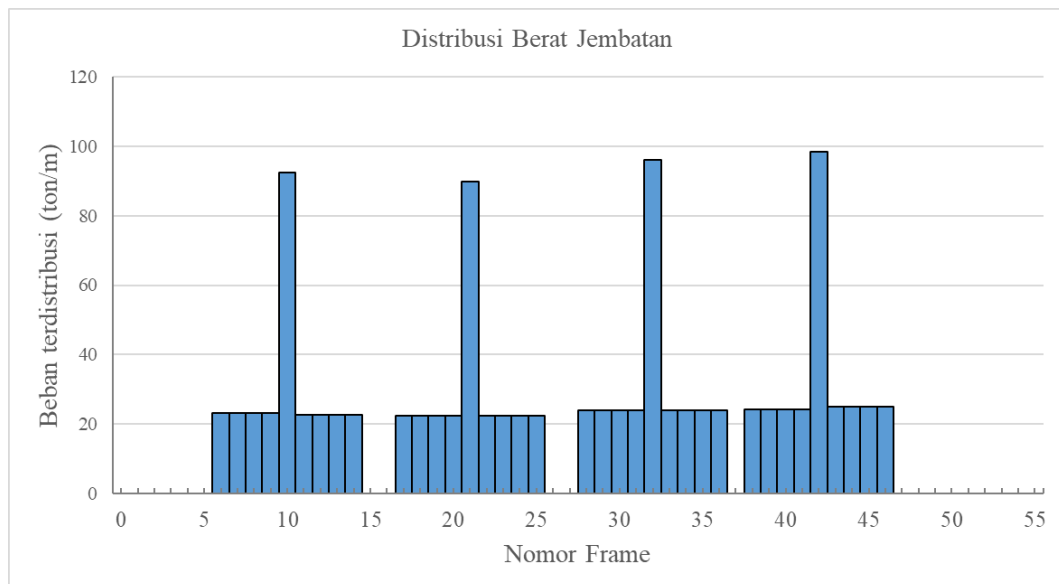
**Gambar 4.8** Distribusi Berat Tongkang

Pada grafik tersebut tampak bahwa distribusi berat bagian depan *midship* sedikit lebih besar dari bagian belakang. Sehingga kondisi *lightship*, mengalami

trim bagian depan. Distribusi beban diatas didapatkan dari data booklet tongkang WINPOSH 3301.

#### 4.4.2 Distribusi Berat Jembatan

Beban jembatan pada tongkang ditransfer melalui 24 *grillage* yang diletak diatas *deck* dengan dimensi 6 x 1,48 m. *Grillage* tersebut berfungsi untuk mengkonversi beban pada setiap titik tumpuan menjadi beban terdistribusi. Dengan menjadi beban tersebut menjadi beban terdistribusi, tekanan bekerja pada *deck* menjadi jauh berkurang. Grafik distribusi beban dari struktur jembatan dapat dilihat pada **Gambar 4.9**



**Gambar 4.9** Distribusi Beban Jembatan

Berdasarkan grafik diatas, terdapat 4 distrubusi beban yang cukup besar dimana besar distribusinya lebih dari 80 ton/m. Hal tersebut terjadi karena konfigurasi struktur penumpu jembatan memanjang secara transversal sehingga beban tersebut hanya ditumpu oleh satu frame tongkang. Gambar konfigurasi peletakan struktur jembatan dapat dilihat BAB 4.1. Sedangkan untuk lebih jelasnya dapat dilihat dilampiran.

#### 4.4.3 Distribusi *Ballast*

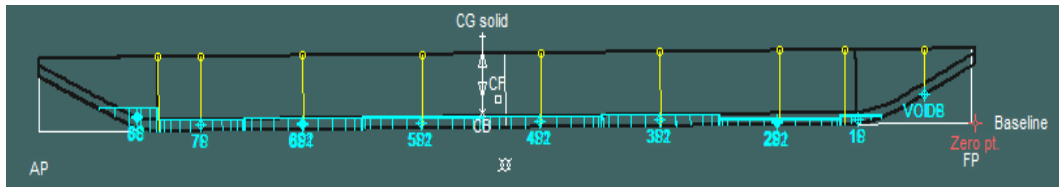
Agar kondisi tongkang sesuai dengan sarat air dan trim pada setiap skenario, maka perlu adanya penambahan *ballast*. Perhitungan *ballast* didapatkan melalui simulasi menggunakan *software Maxsurf Stability*. Berikut merupakan hasil simulasi *ballasting* dari setiap skenario yang direncanakan.

**Tabel 4.8** Skenario *Ballasting*

Kompartemen Tangki	Persentase Volume <i>Ballast</i>			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1S	98%	68%	43%	5%
1C	98.20%	67.20%	43.50%	5.00%
1P	98%	68%	43%	5%
2S2	28%	15%	15%	6%
2S1	15%	15%	15%	8%
2P1	15%	15%	15%	8%
2P2	28%	15%	15%	6%
3S2	15%	15%	15%	15%
3S1	15%	15%	15%	15%
3P1	15%	15%	15%	15%
3P2	15%	15%	15%	15%
4S2	15%	15%	15%	15%
4S1	15%	15%	15%	15%
4P1	15%	15%	15%	15%
4P2	15%	15%	15%	15%
5S2	15%	15%	15%	15%
5S1	15%	15%	15%	15%
5P1	15%	15%	15%	15%
5P2	15%	15%	15%	15%





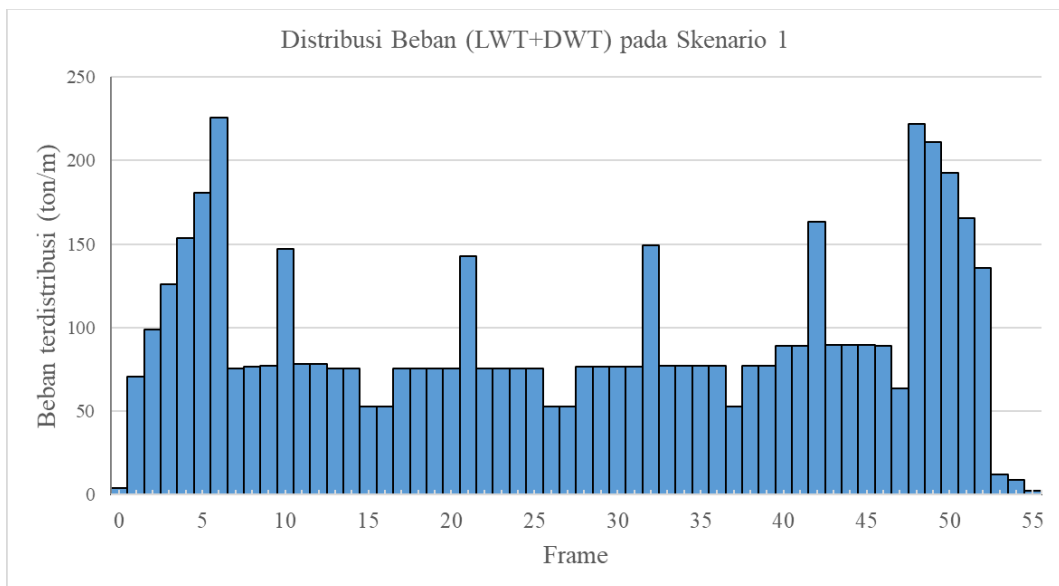


**Gambar 4.13** Ballasting skenario 4

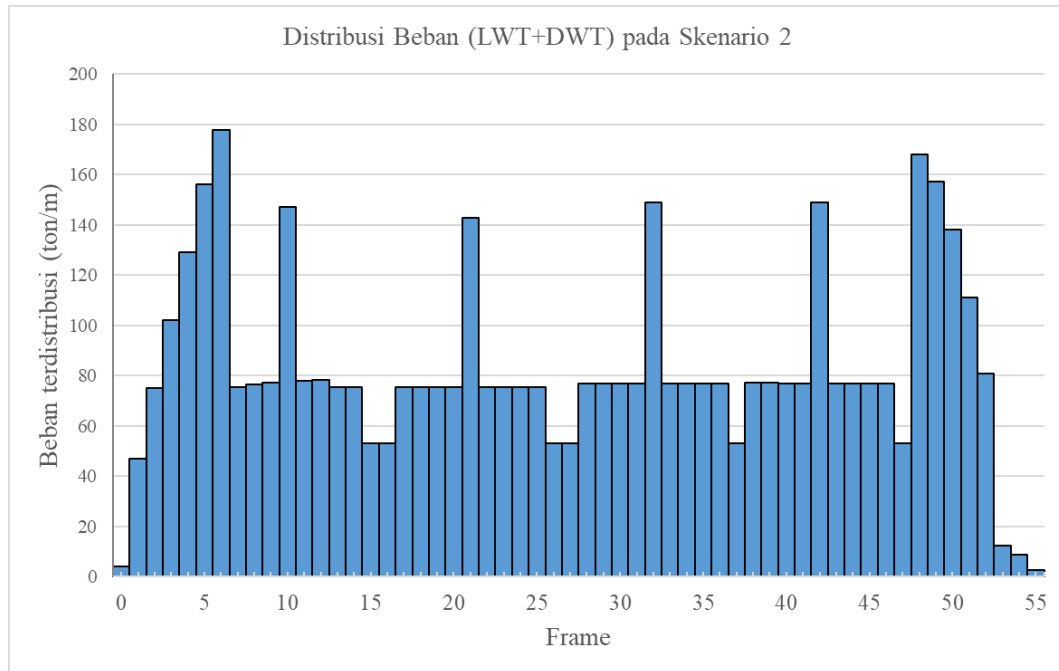
Dari beberapa gambar diatas dapat dilihat bahwa perubahan *ballasting* dari skenario pertama sampai akhir hanya mengalami perubahan pada tangki ballast bagian ujung (Tangki 1 dan 8). Hal ini bertujuan agar proses *ballasting* yang dilakukan lebih efektif dan efisien.

#### 4.4.4 Distribusi Beban Total

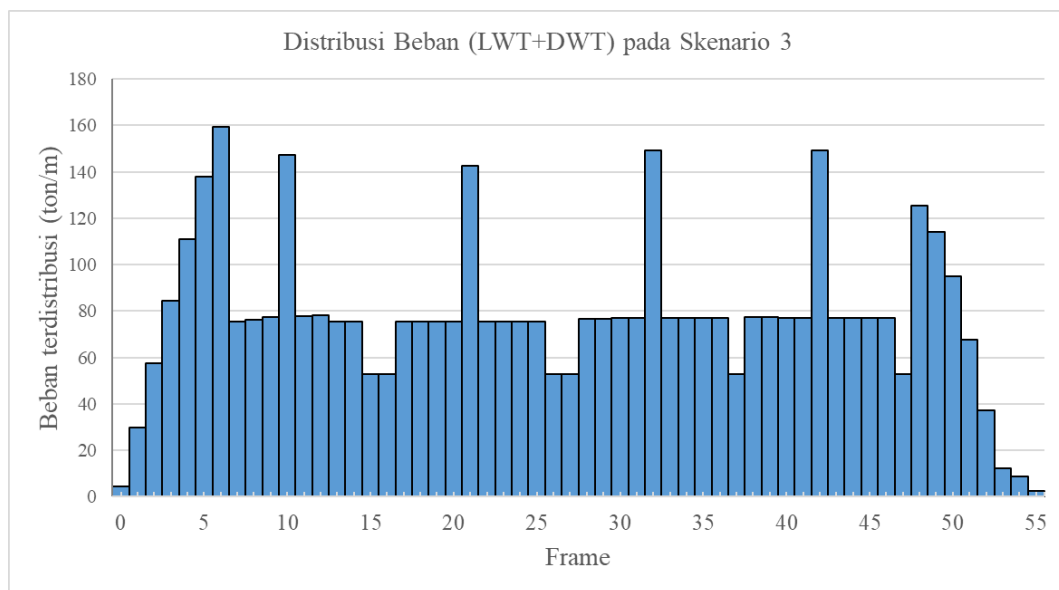
Setelah didapatkan distribusi berat tongkang, berat jembatan, dan *ballast*, selanjutnya didapatkan distribusi beban total yang dengan menjumlahkan semua komponen beban-beban tersebut. Berikut ini merupakan grafik yang menginterpretasikan distribusi beban tongkang pada setiap *frame*. Sedangkan detail distribusi beban dapat dilihat pada lampiran.



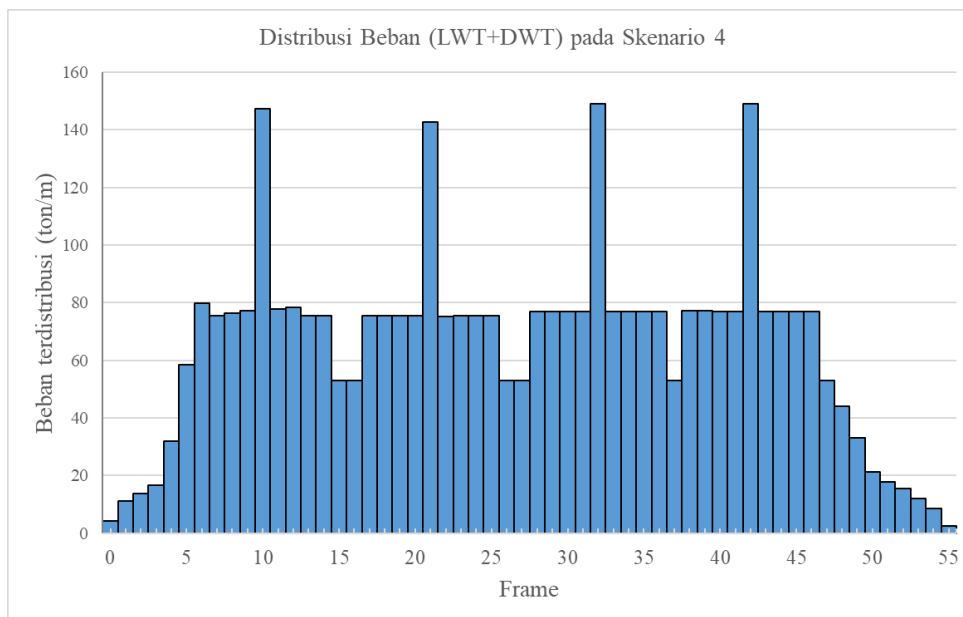
**Gambar 4.14** Distribusi Beban pada Skenario 1



**Gambar 4.15** Distribusi Beban pada Skenario 2



**Gambar 4.16** Distribusi Beban pada Skenario 3



**Gambar 4.17** Distribusi Beban pada Skenario 4

Dengan memperhatikan grafik diatas, pada skenario 1 dan 2 memiliki beban terbesar pada frame 6 dan 48 dengan beban diatas 160 ton dimana kontribusi beban *ballast* cukup signifikan. Pada skenario 3, beban terbesar terdapat pada frame 6, karena terjadi pengurangan volume ballast pada bagian depan kapal. Sedangkan pada skenario 4, beban terbesarnya merupakan beban dari struktur jembatan.

#### 4.4.5 Gaya Geser dan Momen Lengkung

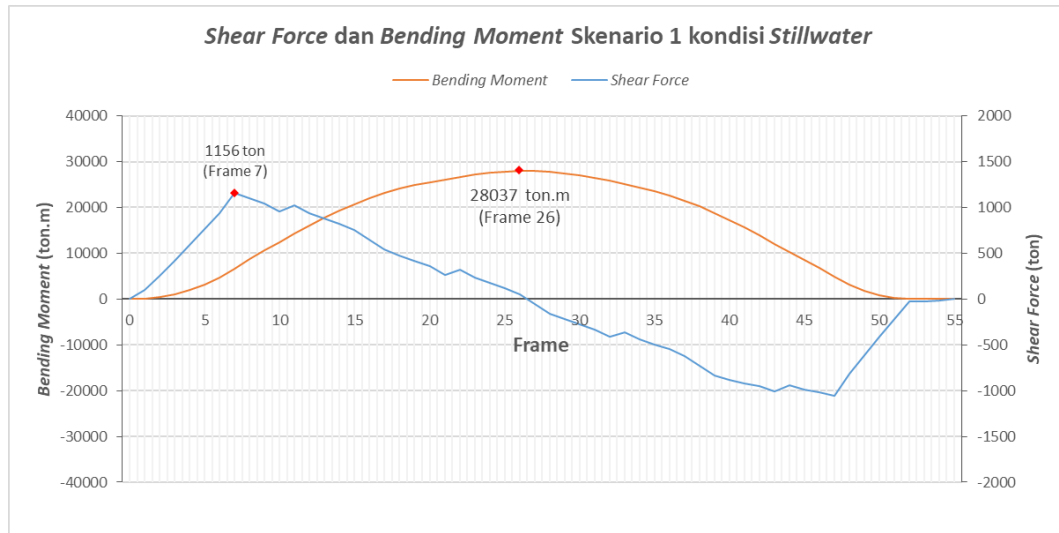
Gaya geser dan momen lengkung yang merupakan respon primer dari akibat distribusi beban-beban yang bekerja pada kapal dimana beban tersebut sebenarnya telah dilawan oleh gaya apung tongkang. Resultan dari beban tongkang dan apung yang berlawanan menyebabkan terjadinya *shear force* sepanjang longitudinal tongkang. Secara matematis *shear force* yang terjadi pada tongkang diformulasikan dengan integrasi distribusi resultan beban (*net load*) dari tongkang. Kemudian dari integrasi gaya geser didapatkan bending moment sepanjang kapal. Bending moment dianggap sebagai beban yang dampaknya paling signifikan terhadap tongkang. Sehingga pada kondisi yang memiliki bending moment paling besar dianggap sebagai daerah kritis dari tongkang. Kondisi ekstrem dari shear force dan bending moment diinterpretasikan oleh dua kondisi yaitu, hogging dan sagging. Pada kondisi hogging dan sagging tinggi gelombang yang digunakan sebesar 0,5 m

dengan periode 7,6 detik. Panjang gelombang yang digunakan untuk analisis hogging sagging bisa didapatkan dengan rumus:

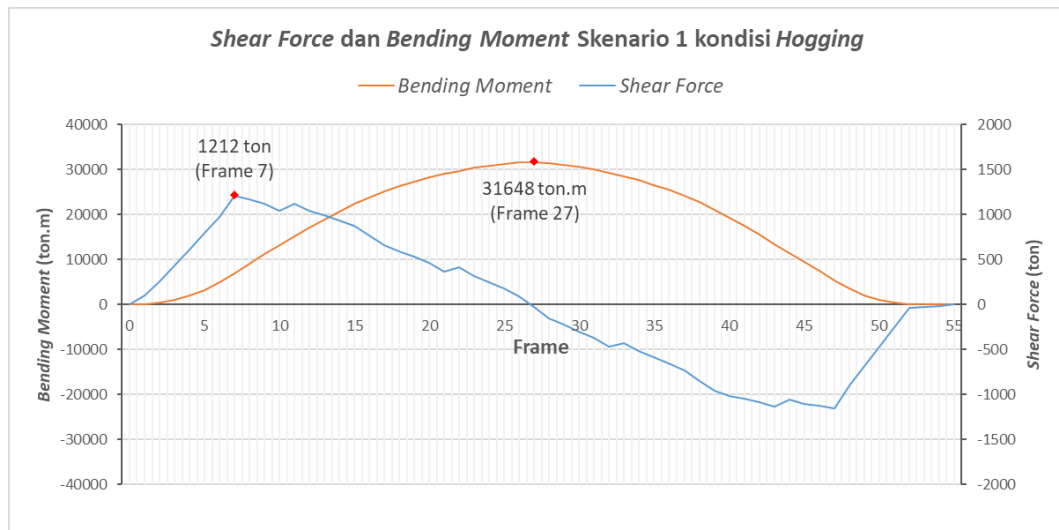
$$L_w = T_w^2 \cdot g / 2\pi \quad \text{Pers. (4.1)}$$

Sehingga didapatkan panjang gelombang di lingkungan operasi sebesar 90,81 m.

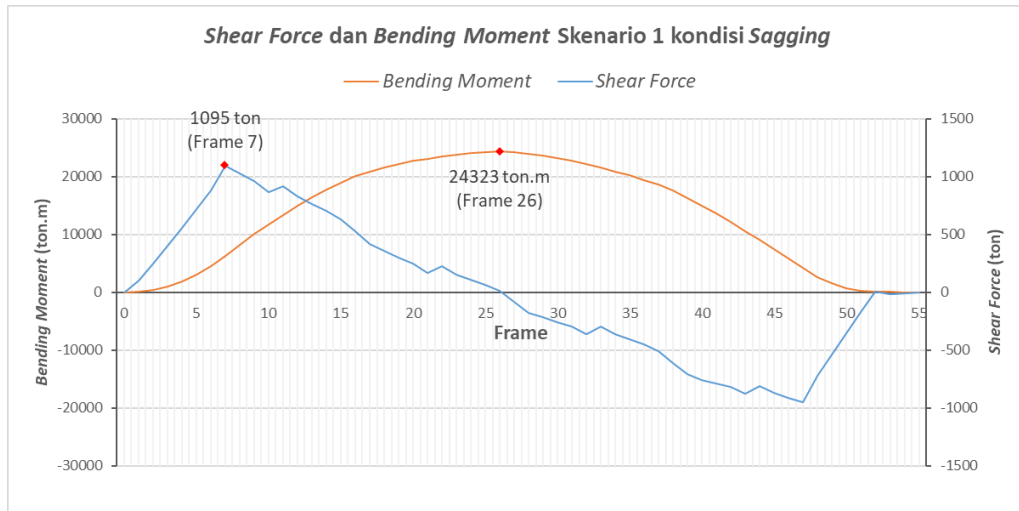
Berikut ini merupakan hasil *shear force* dan *bending moment* output dari *software Maxsurf*. Perhitungan dibawah ini meliputi semua kondisi *stillwater*, *sagging* dan *hogging*.



**Gambar 4.18** *Shear Force* dan *Bending Moment* Skenario 1 kondisi *stillwater*

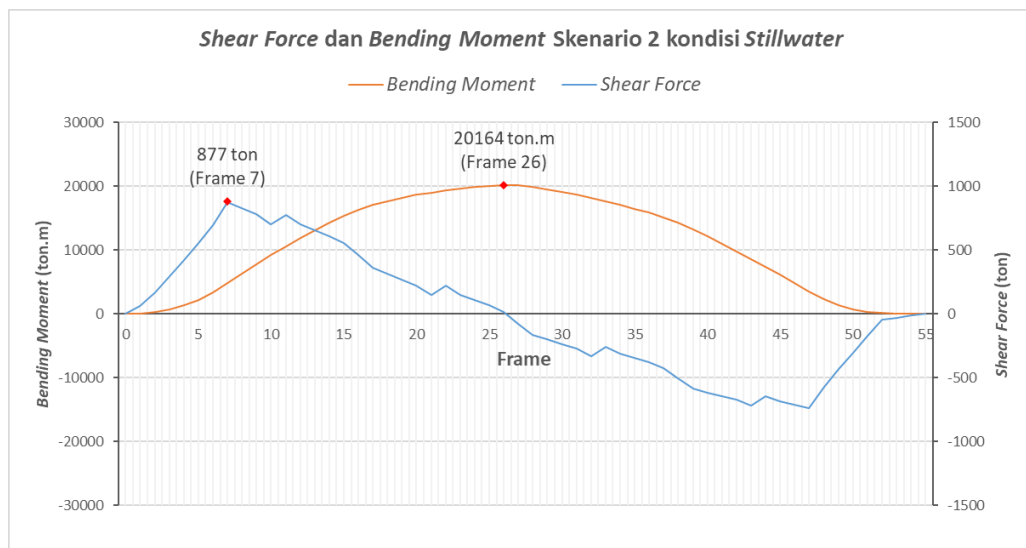


**Gambar 4.19** *Shear Force* dan *Bending Moment* Skenario 1 kondisi *hogging*

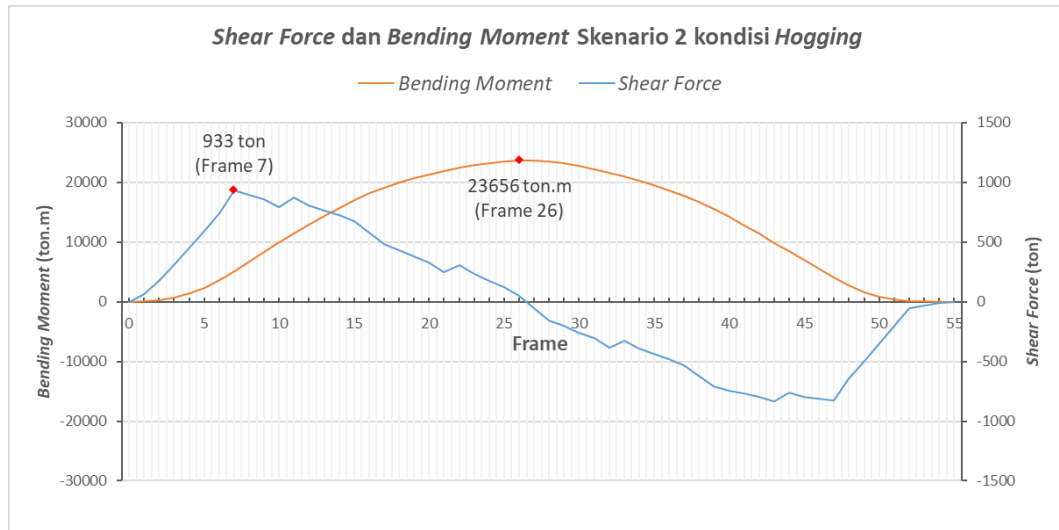


Gambar 4.20 *Shear Force dan Bending Moment Skenario 1 kondisi sagging*

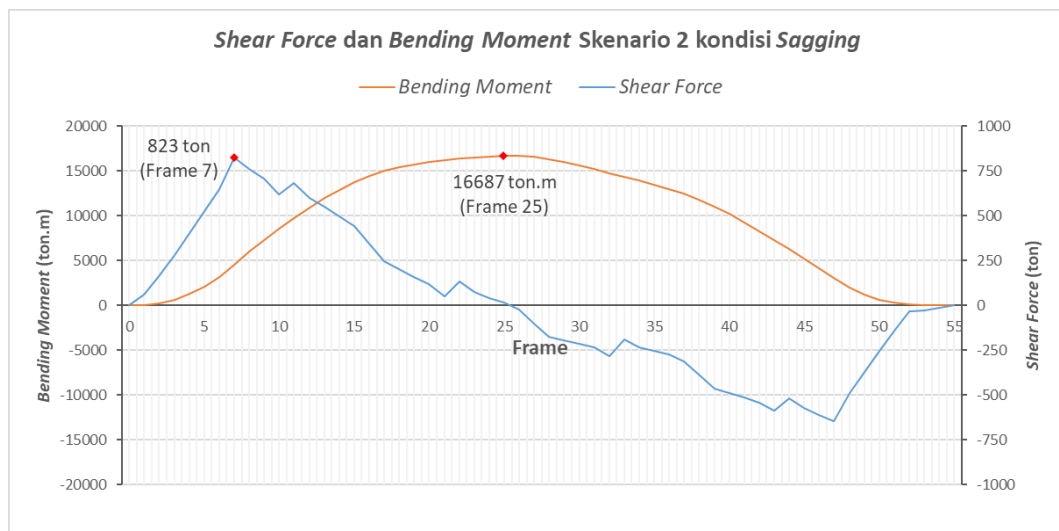
Dengan memperhatikan gambar 4.18 sampai 4.20, skenario 1 memiliki *bending moment* maksimum yang terjadi saat tongkang mengalami *hogging*. Pada kondisi *stillwater*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 1156 ton pada *frame* 7, sedangkan *bending moment*nya sebesar 20059 ton.m pada *frame* 26. Pada kondisi *hogging*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 1212 ton pada *frame* 7 dan *bending moment* sebesar 31.649 ton.m pada *frame* 27. Sedangkan pada kondisi *sagging*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 1095 ton pada *frame* 7 dan *bending moment* maksimum 24324 ton.m pada *frame* 26.



Gambar 4.21 *Shear Force dan Bending Moment Skenario 2 kondisi stillwater*



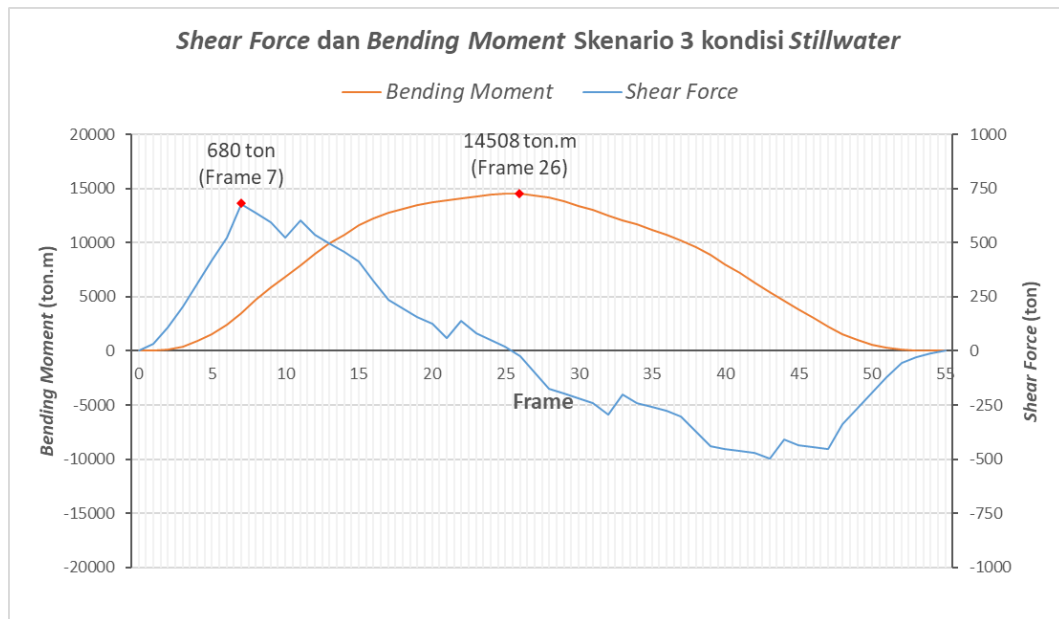
**Gambar 4.22** *Shear Force dan Bending Moment Skenario 2 kondisi hogging*



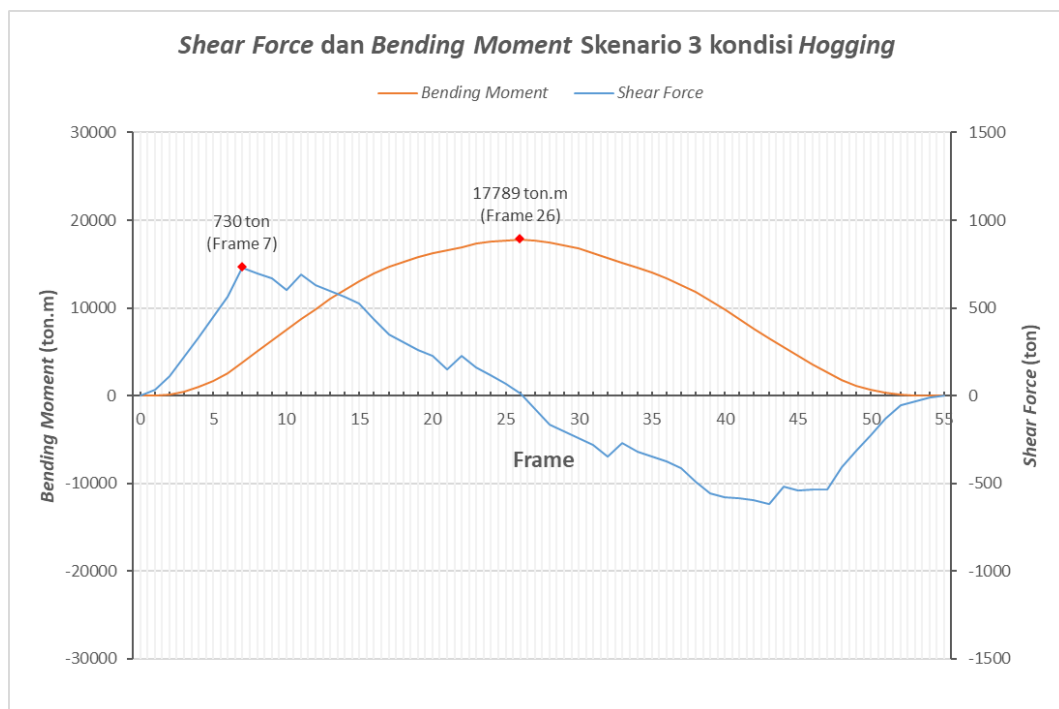
**Gambar 4.23** *Shear Force dan Bending Moment Skenario 2 kondisi sagging*

Pada skenario 2 *bending moment* maksimum terjadi pada saat tongkang mengalami *hogging*. Pada kondisi *stillwater*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 877 ton pada frame 7 dan *bending momentn* sebesar 20165 ton.m pada frame 26. Pada kondisi *hogging*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 933 ton pada frame 7 dan *bending moment* sebesar 23679 ton.m pada frame 26. Sedangkan pada kondisi *sagging*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 823 ton pada frame

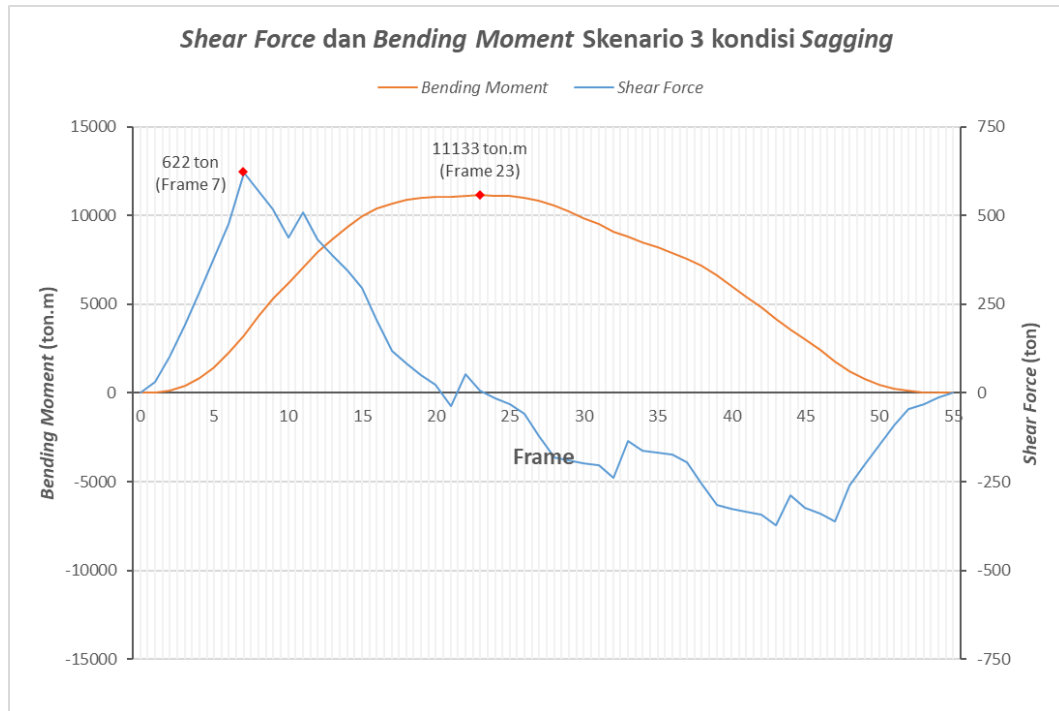
7 dan *bending moment* maksimum 16692 ton.m pada frame 25. Grafik *shear force* dan *bending moment* pada skenario 2 dapat dilihat pada gambar 4.20 sampai 4.22.



**Gambar 4.24** *Shear Force* dan *Bending Moment* Skenario 3 kondisi stillwater



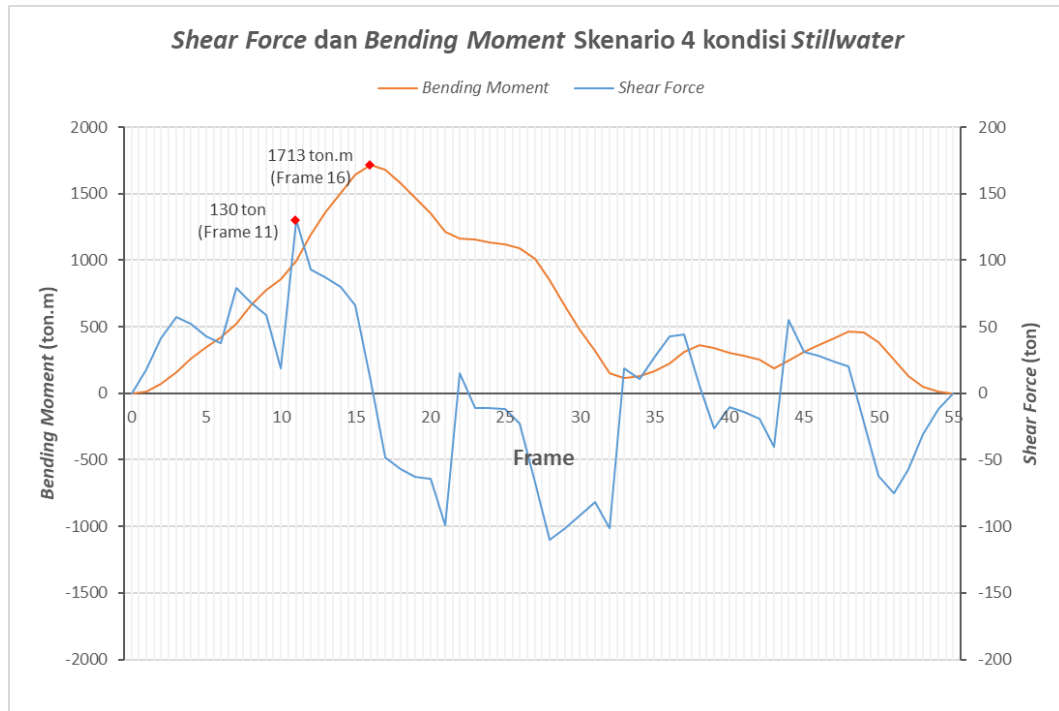
**Gambar 4.25** *Shear Force* dan *Bending Moment* Skenario 3 kondisi hogging



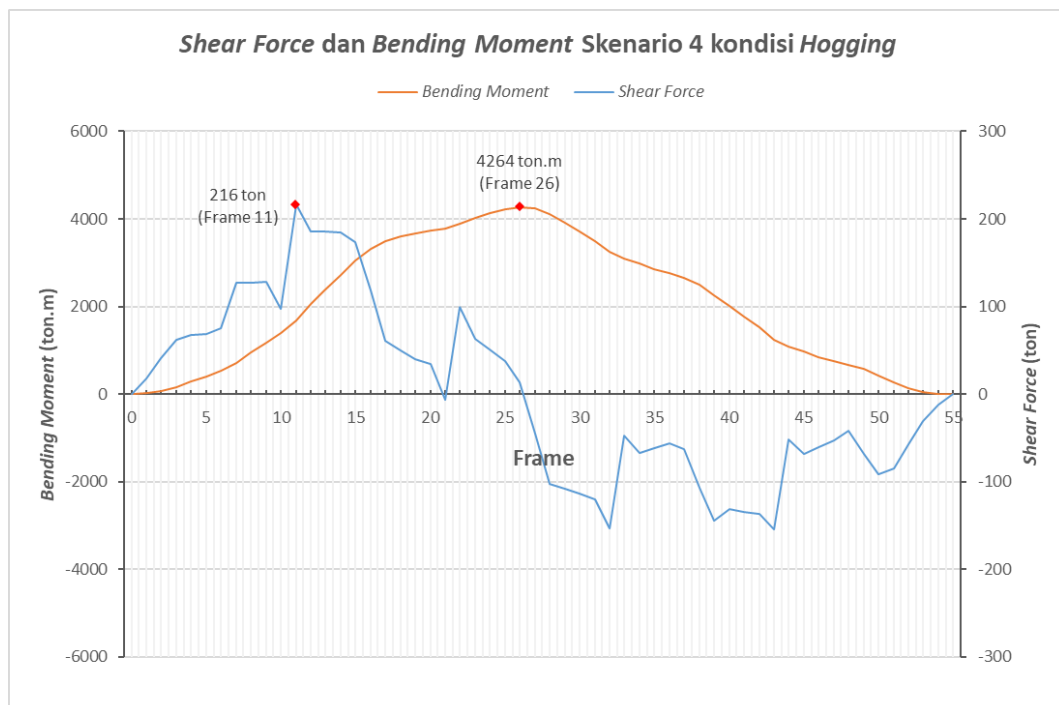
**Gambar 4.26** *Shear Force dan Bending Moment Skenario 3 kondisi sagging*

Jika memperhatikan gambar 4.24 sampai 4.26, skenario 3 memiliki *bending moment* maksimum yang terjadi pada saat tongkang mengalami *hogging*. Pada kondisi *stillwater*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 680 ton pada *frame 7*, dan *bending moment* maksimum sebesar 14515 ton.m pada *frame 26*. Pada kondisi *hogging*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 730 ton *frame 7*, dan *bending moment* sebesar 17791 ton.m pada *frame 26*. Sedangkan pada kondisi *sagging*, *shear force* maksimum sebesar 622 ton pada *frame 7* dan *bending moment* maksimum 11135 ton.m pada *frame 23*. Dalam skenario ini, pergeseran lokasi *frame* yang memiliki *bending moment* maksimum dapat dilihat pada saat kondisi *sagging*. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan muatan bagian belakang dan depan tongkang, dimana distribusi beban bagian belakang *midship* jauh lebih besar dari pada bagian depan *midship* (lihat Gambar 4.16).

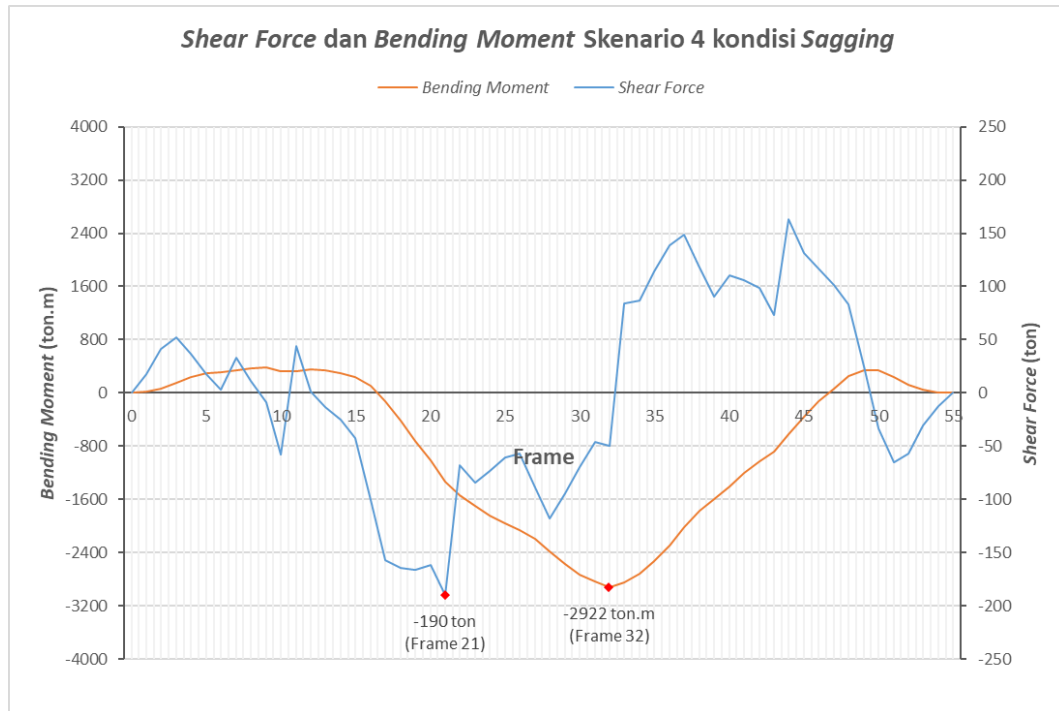




**Gambar 4.27** *Shear Force dan Bending Moment Skenario 4 kondisi stillwater*



**Gambar 4.28** *Shear Force dan Bending Moment Skenario 4 kondisi hogging*



**Gambar 4.29** *Shear Force dan Bending Moment Skenario 4 kondisi sagging*

Pada skenario 4 *bending moment* maksimum terjadi pada saat tongkang mengalami *hogging*. Pada kondisi *stillwater*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 136 ton pada *frame* 11, dan *bending moment* sebesar 1715 ton.m pada *frame* 16. Pada kondisi *hogging*, memiliki *shear force* maksimum sebesar 221 ton pada *frame* 11, dan *bending moment* sebesar 4266 ton.m pada *frame* 26. Sedangkan pada kondisi *sagging*, *shear force* maksimum sebesar -190 ton pada *frame* 21 dan *bending moment* maksimum -2926 ton.m pada *frame* 32.

**Tabel 4.9** *Shear Force* pada setiap Skenario

Skenario / Kondisi	<i>Shear Force (ton)</i>		
	<i>Stillwater</i>	<i>Hogging</i>	<i>Sagging</i>
1	1156	1212	1095
2	877	933	823
3	680	730	622
4	130	216	-190

**Tabel 4.10** *Bending Moment* pada setiap Skenario

Skenario / Kondisi	<i>Bending Moment (ton.m)</i>		
	<i>Stillwater</i>	<i>Hogging</i>	<i>Sagging</i>
1	28037	31648	24323
2	20164	23656	16687
3	14508	17789	11133
4	1713	4264	-2922

Sesuai dengan beberapa grafik dan tabel diatas, diketahui bahwa *bending moment* maksimum terjadi pada saat tongkang beroperasi pada sarat 3,3 m dengan kondisi hogging. Dimana pada kondisi tersebut *bending moment* terbesar berada pada frame 26, sebesar 31469 ton.m Daerah sekitar frame 27 dapat dikatakan sebagai daerah kritis karena memiliki *bending moment* maksimum yang perlu untuk dilakukan analisis lokal. *Bending moment* maksimum kemudian digunakan untuk menghitung *allowable stress* pada *deck* maupun *bottom*.

#### **4.4.6 Trendline Gaya Geser dan Momen Lengkung**

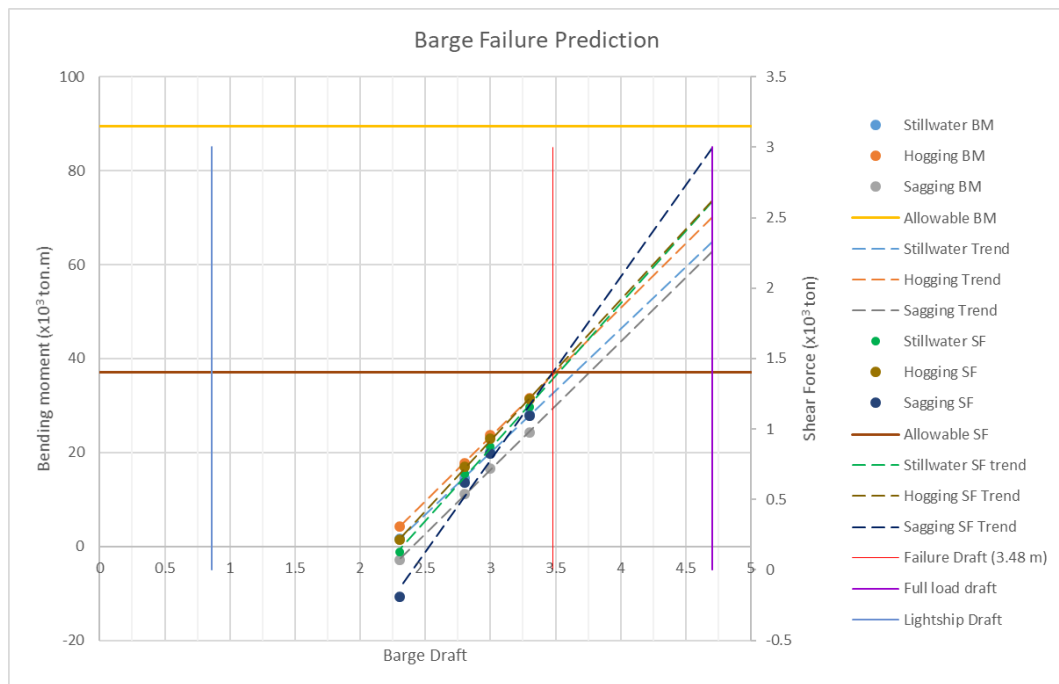
Dengan adanya variasi *draft* tongkang dalam melakukan analisis kekuatan memanjang, maka dimungkinkan untuk memprediksi besarnya *shear force* dan *bending moment* per-*draft* tongkang. Sedangkan dalam *rules* dari ABS dan BKI terdapat persamaan empiris untuk mengetahui besarnya *shear force* dan *bending moment* yang mungkin terjadi pada setiap posisi longitudinal dari tongkang. Berdasarkan kedua hal tersebut dapat diketahui sarat tongkang maksimum yang diijinkan dimana *shear force* dan *bending moment* dari tongkang masih memenuhi kriteria dari *rules*.

Dalam ABS, faktor distribusi terbesar untuk perhitungan maksimum *shear force* adalah 1 (satu) yang terletak di daerah 0,7L sampai 0,85L pada kondisi hogging. Dari perhitungan yang dilakukan, didapatkan *shear force* maksimumnya sebesar 1403,546 ton. Sedangkan faktor distribusi untuk perhitungan bending

moment maksimum juga 1 (satu) yang terletak di daerah 0,4L sampai 0,65L pada kondisi *hogging*. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan *bending moment* maksimum sebesar 89410,377 ton.m.

Metode dalam menentukan kegagalan adalah dengan melakukan plotting *shear force* dan *bending moment* pada tiap skenario (diwakili dengan syarat air). Dari hasil plotting kemudian dibuat *trendline* untuk mendapatkan persamaan *shear force* dan *bending moment* setiap kondisi. Dari persamaan tersebut didapatkan sarat (*draft*) maksimum agar tongkang tetap memenuhi kriteria *shear force* dan *bending moment* yang ditetapkan oleh *rules*.

Hasil dari perhitungan menunjukkan *draft* maksimum yang diperbolehkan hanya sebesar 3,48 m. Jika dioperasikan melebihi *draft* tersebut diprediksikan tongkang tersebut akan mengalami kegagalan akibat *shear force* yang berlebihan.

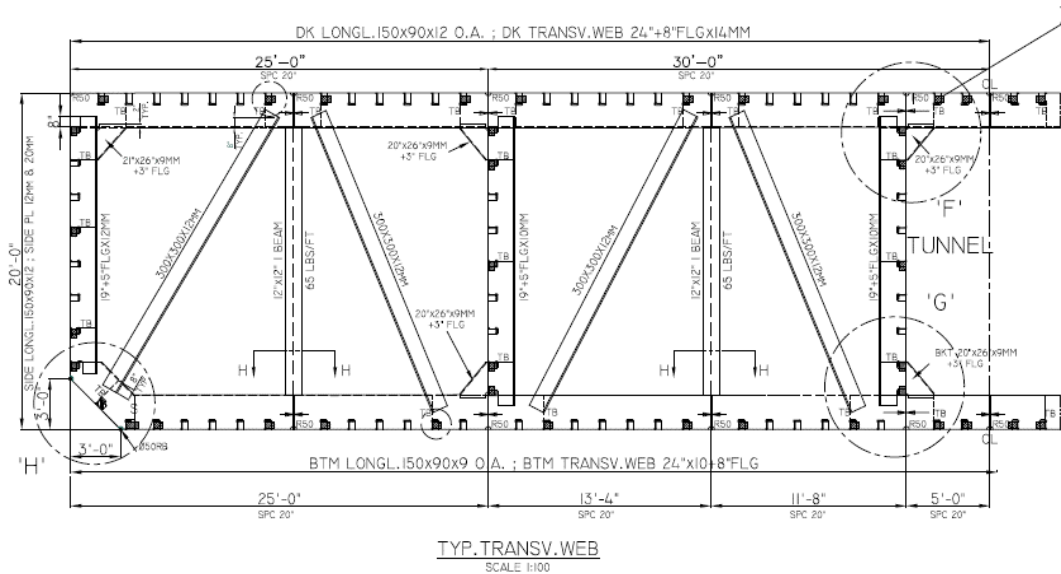


**Gambar 4.30** Grafik *trendline shear force* dan *bending moment*

#### 4.4.7 Perhitungan Klasifikasi

Setelah didapatkan nilai *bending moment* yang diterima oleh struktur langkah selanjutnya adalah memastikan bahwa struktur mampu untuk menahan beban yang diterimanya. Untuk itu diperlukan suatu standard sebagai acuan

pengerjaan, dalam hal ini digunakan standard yang dikeluarkan oleh BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) dan ABS (*American Bureau Shipping*). Sesuai dengan rules tersebut, pengecekan kekuatan memanjang mencakup minimum inersia yang dibutuhkan, minimum section modulus dan tegangan yang diijinkan pada bagian deck maupun bottom. Didalam rules BKI menyatakan *allowable stress* sebesar 150 N/mm<sup>2</sup> (BKI, 2014). Sedangkan ABS menyatakan *allowable stress* sebesar 175 N/mm<sup>2</sup> (ABS, 2016).



**Gambar 4.31** Penampang bagian sekitar *midship* tongkang

Untuk memperoleh tegangan (*compression-tension*) yang terjadi pada bagian deck maupun bottom akibat *bending moment* perlu diperoleh modulus penampang terlebih dahulu, karena tegangan merupakan momen per modulus penampang. Sedangkan modulus penampang merupakan Inersia dibagi dengan jarak dari sumbu normal ke *deck* (modulus penampang *deck*) atau ke *bottom* (modulus penampang bottom).

#### 4.4.7.1 Inersia

Dalam *rules* disebutkan bahwa inersia dari tongkang harus lebih besar dari inersia klasifikasi yang dihitung secara empiris (lihat BAB 2). Perhitungan inersia tongkang meliputi member yang masuk dalam kategori *longitudinal frame* pada tongkang. Dari hasil perhitungan inersia tongkang, kemudian dibandingkan dengan

perhitungan inersia minimum dari *rules* (BKI dan ABS). Dalam hal ini, Inersia tongkang telah memenuhi kriteria yang disyaratkan oleh *rules*.

**Tabel 4.11** Hasil perhitungan Momen Inersia

<b>Skenario 1</b>	<b>Momen Inersia (m<sup>4</sup>)</b>	<b>BKI <i>Criteria</i></b>	<b>ABS <i>Criteria</i></b>
Ina	16.43	12.86	12.87

#### 4.4.7.2 Modulus Penampang (*section modulus*)

Setelah mendapatkan besarnya inersia stuktur melintang tongkang, selanjutnya dapat dihitung *section modulus* minimum yang syaratkan oleh klasifikasi. Section modulus pada tongkang tidak boleh kurang dari modulus penampang yang syaratkan oleh kelas. Hasilnya, modulus penampang tongkang lebih besar dari modulus penampang minimum yang disyaratkan oleh BKI dan ABS. Berikut merupakan hasil perhitungan modulus penampang (W) pada tongkang.

**Tabel 4.12** Hasil perhitungan modulus penampang

<b>Skenario 1</b>	<b>Modulus Penampang (m<sup>3</sup>)</b>	<b>BKI <i>Criteria</i></b>	<b>ABS <i>Criteria</i></b>
W tongkang			
-deck	5.64	4.26	4.26
-bottom	5.16	4.26	4.26

#### 4.4.7.3 Tegangan Ijin (*allowable stress*)

Dari hasil perhitungan *section modulus* kemudian dihitung *tegangan* yang terjadi pada tongkang akibat dari *bending moment*. Kemudian hasil perhitungan dibandingkan dengan *allowable stress* yang disyaratkan oleh BKI dan ABS. Dimana *allowable stress* dari BKI sebesar 150 N/mm<sup>2</sup> dan ABS sebesar 175 N/mm<sup>2</sup>. Dari hasil perhitungan, tegangan yang terjadi masih diijinkan oleh *rules*. Berikut ini merupakan hasil perhitungan tegangan pada deck maupun bottom meliputi kondisi *stillwater*, *hogging* dan *sagging*.

**Tabel 4.13** Hasil perhitungan *allowable stress*

Skenario 1	Maksimum Stress (N/mm <sup>2</sup> )
<i>Stillwater</i>	
-deck	48.71
-bottom	53.21
<i>Hogging</i>	
-deck	54.99
-bottom	60.07
<i>Sagging</i>	
-deck	-5.08
-bottom	-5.55

#### 4.4.8 Analisis Struktur Lokal

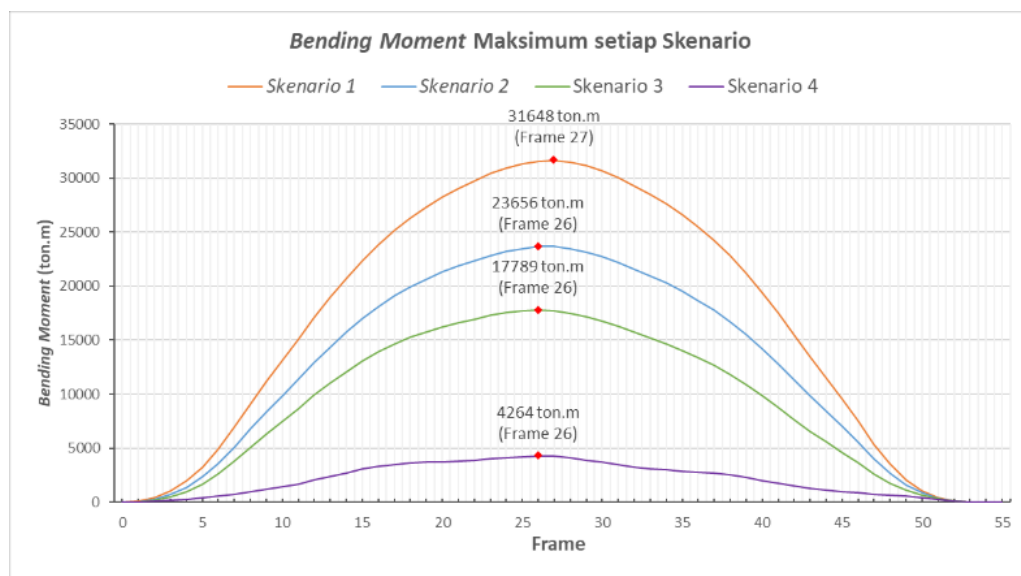
Analisis struktur lokal merupakan analisis terakhir yang dilakukan dalam tugas akhir menggunakan metode elemen hingga (*finite element methode*, FEM). FEM merupakan metode yang paling umum digunakan untuk mendapatkan solusi dalam melakukan analisis struktur. Untuk melakukan analisis sebuah struktur yang memiliki geometri yang cukup kompleks seperti tongkang WINPOSH 3301, FEM dianggap sebagai metode yang cocok untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Secara umum, berikut merupakan tahapan yang dilakukan untuk melakukan *finite element analysis* pada struktur lokal tongkang WINPOSH 3301.

1. Memodelkan geometri struktur lokal (*critical area*).
2. Memodelkan *finite element* (*meshing*).
3. Mendefinisikan lingkungan operasi (*loading, constraints*).
4. *Running* model (*equivalent von-Mises stress*).
5. Evaluasi hasil (*failure criteria*)
6. Penambahan sistem penguat, jika diperlukan.

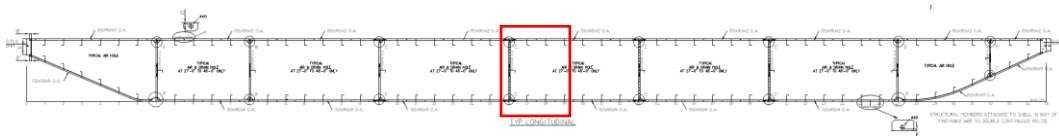
#### 4.4.8.1 Model FEM dan *Material Properties*

Pada analisis ini, struktur lokal yang dimodelkan merupakan frame tongkang 26 sampai frame 29 (Gambar 4.33). Daerah tersebut dipilih karena pada frame 27 merupakan daerah yang memiliki *bending moment* terbesar seperti pada Gambar 4.32. Pemodelan struktur juga dipotong secara simetris pada bagian *centerline* sehingga model struktur lokal hanya mencakup setengah lebar dari *frame* 26 sampai 29 agar analisis yang dilakukan lebih efisien (Gambar 4.34). Pemodelan seperti kondisi tersebut hanya bisa dilakukan jika struktur dan beban yang bekerja pada struktur sifatnya simetris.

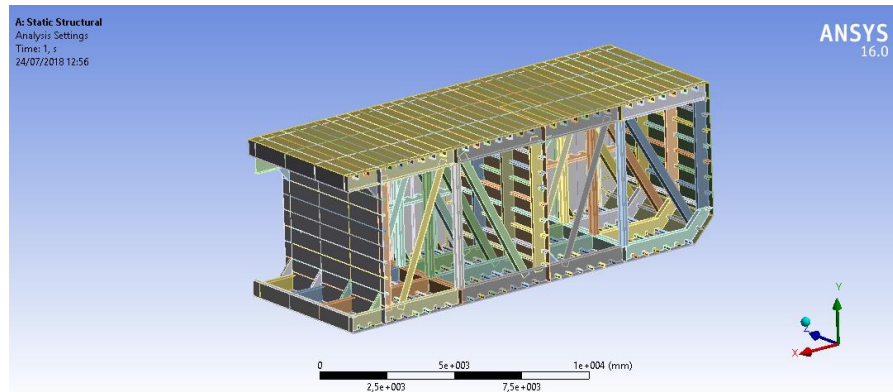


**Gambar 4.32** *Bending Moment* Maksimum pada setiap Skenario





**Gambar 4.33** Struktur Lokal yang dimodelkan (frame 26-29)

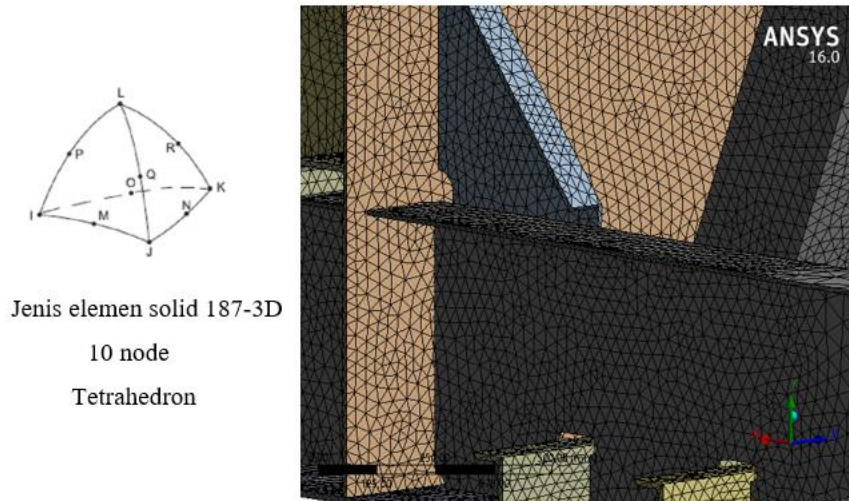


**Gambar 4.34** Model struktur lokal

**Tabel 4.14** *Material Properties* pemodelan lokal

1	Property	Value	Unit
2	Density	7850	kg m <sup>-3</sup>
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
4	Coefficient of Thermal Expansion	1,2E-05	C <sup>-1</sup>
5	Reference Temperature	22	C
6	Isotropic Elasticity		
7	Derive from	Young's Mo...	
8	Young's Modulus	2E+05	MPa
9	Poisson's Ratio	0,3	
10	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa
11	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa
12	Field Variables		
16	Alternating Stress Mean Stress	Tabular	
17	Interpolation	Log-Log	
18	Scale	1	
19	Offset	0	Pa
20	Strain-Life Parameters		
21	Display Curve Type	Strain-Life	
22	Strength Coefficient	920	MPa
23	Strength Exponent	-0,106	
24	Ductility Coefficient	0,213	
25	Ductility Exponent	-0,47	
26	Cyclic Strength Coefficient	1000	MPa
27	Cyclic Strain Hardening Exponent	0,2	
28	Tensile Yield Strength	250	MPa
29	Compressive Yield Strength	250	MPa
30	Tensile Ultimate Strength	460	MPa
31	Compressive Ultimate Strength	0	Pa

. Elemen yang digunakan pada pemodelan merupakan jenis elemen solid (3D) 187 dengan jenis *meshing* tetrahedron. Sedangkan *properties* dari material dapat dilihat pada Tabel 4.14.



**Gambar 4.35** Diskritisasi (*meshing*) struktur lokal

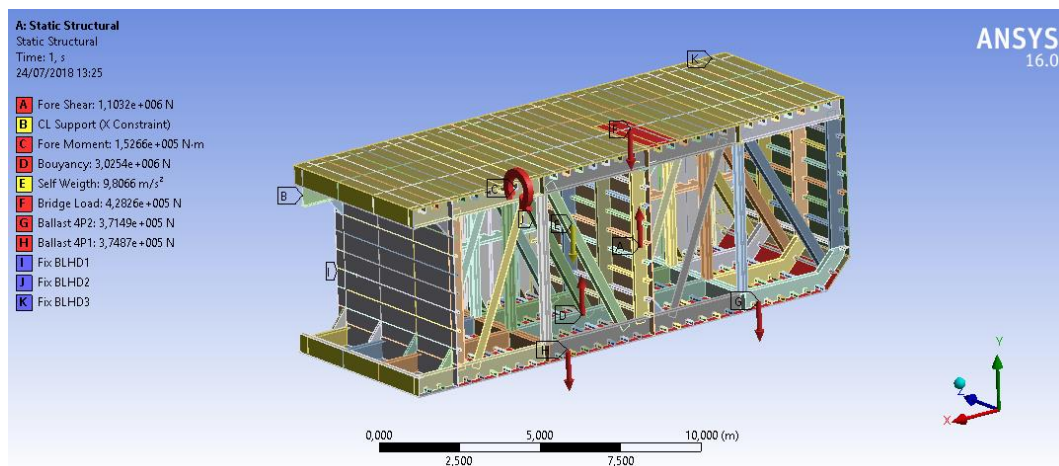
#### 4.4.8.2 Pembebanan

Beban yang bekerja pada struktur lokal meliputi, beban jembatan, beban *selfweight*, beban *ballast*, *shear force*, *bending moment* dan gaya apung tongkang. Besarnya beban yang bekerja pada struktur lokal tongkang dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.36. Jika dilihat dari komponen beban yang bekerja pada struktur lokal tersebut, *shear force* dan *bending moment* merupakan beban yang memiliki pengaruh signifikan terhadap tegangan dan deformasi struktur.

**Tabel 4.15** Beban yang bekerja pada struktur lokal

Beban	Total
Beban Jembatan	43.67 ton
<i>Bouyancy</i>	308.51 ton
<i>Shear Force</i>	225 ton
<i>Bending Moment</i>	31133 ton/m
Beban <i>Ballast</i> 1	50.97 ton
Beban <i>Ballast</i> 2	50.51 ton

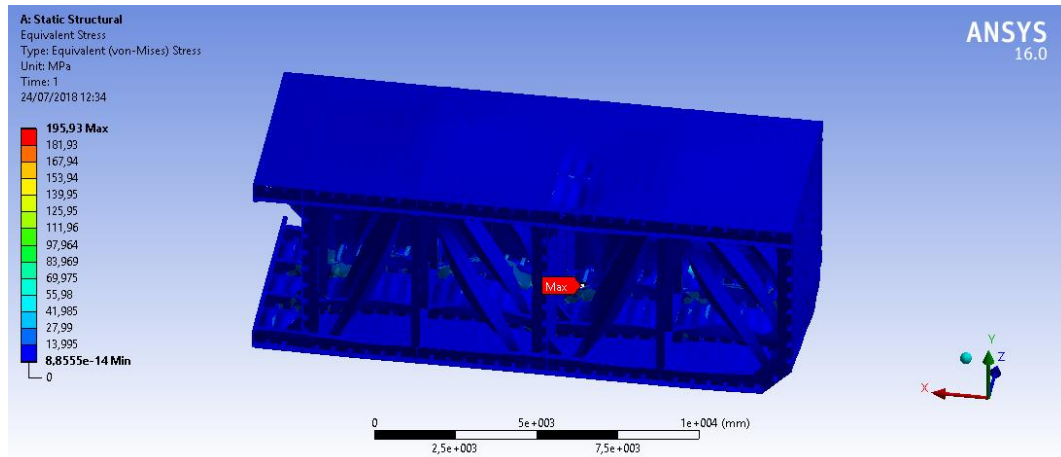
Struktur dimodelkan seperti kantilever, dimana *boundary* pada salah satu sisi dijepit (*bulkhead* pada *frame 26*) kemudian sisi lainnya (*frame 29*) dibebaskan dan diberi beban berupa *shear force* dan *bending moment*. Pada bagian *longitudinal bulkhead* juga dijepit karena *bulkhead* merupakan komponen struktur yang tidak diijinkan untuk terjadi deformasi. Kemudian *boundary* pada bagian *centerline* tongkang constrain terhadap sumbu x (lihat gambar 4.36) karena elemen pada bagian tengah tongkang tidak mungkin terjadi deformasi searah sumbu x. Setelah itu dilakukan input beban sesuai dengan pembebanan lokal pada struktur, yaitu beban jembatan dan *ballast* yang bekerja pada *frame 26-29*. Dan selfweight yang merupakan massa struktur lokal dikalikan dengan percepatan gravitasi sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Kemudian gaya *bouyancy* yang diinputkan berlawanan dengan arah gravitasi.



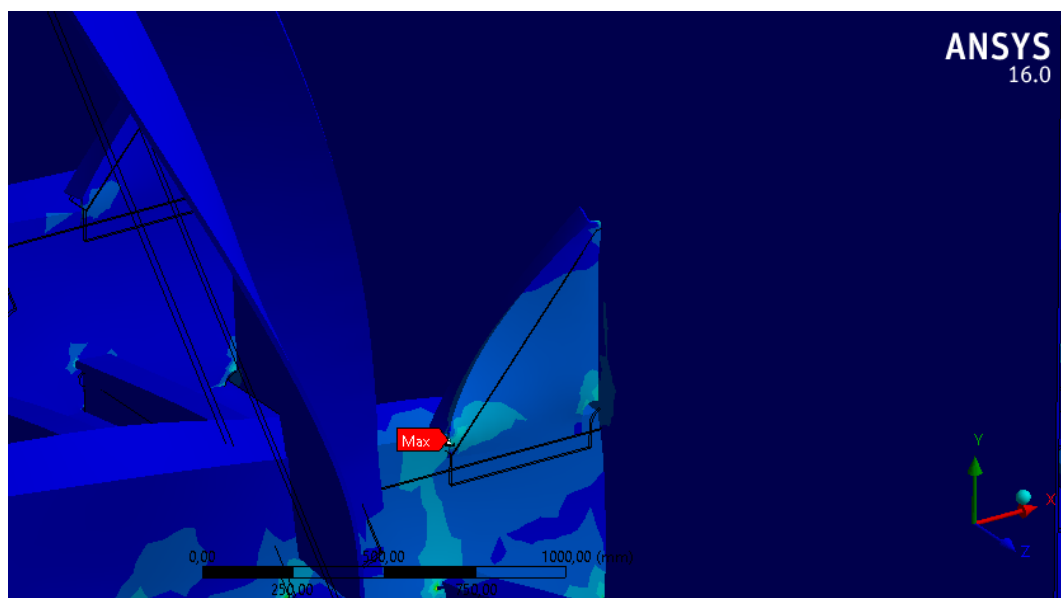
**Gambar 4.36** Setup beban dan tumpuan pada struktur lokal

#### 4.4.8.3 Hasil FEM

Dari hasil analisis tanpa mempertimbangkan gerakan kapal, didapatkan tegangan maksimum yang terjadi pada struktur lokal sebesar 195,93 Mpa. Pada kondisi tersebut struktur mengalami deformasi elastis, karena tidak melebihi tegangan *yield* dari material, sebesar 250 Mpa. Tegangan maksimum terdapat pada bagian *bottom structure (bracket)* yang ada pada *frame 27*. Hasil ini sesuai dengan analisis tegangan global dengan perhitungan klasifikasi bahwa tegangan maksimum skenario 1 pada kondisi *hogging* terjadi terjadi pada struktur *bottom*. Dari hasil analisis, struktur tersebut dapat dikatakan aman untuk operasi pemuatan bentang jembatan.



**Gambar 4.37** Tegangan maksimum *von-mises*



**Gambar 4.38** Detail lokasi tegangan maksimum

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Mengacu pada analisis dari hasil yang telah didapatkan dari tugas akhir ini, maka didapatkan beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Distribusi beban pada skenario 1 sampai 3 memiliki pola yang sama, dimana distribusi beban *ballast* terbesarnya terdapat pada frame (2-6) dan (48-52), sedangkan beban jembatan terbesarnya terdapat pada frame (10, 21, 32 dan 42). Distribusi beban pada skenario 4 beban terbesarnya merupakan beban jembatan yang terdapat pada frame (10, 21, 32 dan 42)
2. *Shear force* dan *bending moment* maksimum tongkang masih memenuhi kriteria dari BKI dan ABS yang mensyaratkan nilai maksimum sebesar 1403,55 ton dan 89410,38 ton.m. Dimana pada skenario 1, *shear force* dan *bending moment* maksimum terjadi pada kondisi *hogging* sebesar 1212 ton dan 31648 ton.m. Pada skenario 2, *shear force* dan *bending moment* maksimum terjadi pada kondisi *hogging* sebesar 933 ton dan 23656 ton.m. Pada skenario 3, *shear force* dan *bending moment* maksimum terjadi pada kondisi *hogging* sebesar 730 ton dan 17789 ton.m. Pada skenario 4, *shear force* dan *bending moment* maksimum terjadi pada kondisi *hogging* sebesar 216 ton dan 4264 ton.m. Kemudian, distribusi beban *ballast* yang lebih besar pada tangki 1 (frame 48-52) dan tangki 8 (frame 2-6) pada skenario 1 sampai 3 mengakibatkan *bending moment* pada kondisi *hogging* lebih besar dari kondisi *sagging*.
3. Inersia dan modulus penampang minimum maupun tegangan ijin pada tongkang telah memenuhi *rules* dari BKI dan ABS. Dari hasil perhitungan, diperoleh inersia tongkang sebesar  $16,43 \text{ m}^4$  sedangkan inersia minimum yang disyaratkan oleh BKI dan ABS sebesar  $12,86 \text{ m}^4$  dan  $12,87 \text{ m}^4$ . Modulus penampang tongkang pada *deck* sebesar  $5,64 \text{ m}^3$  dan *bottom* sebesar  $5,16 \text{ m}^3$  sedangkan modulus penampang minimum yang disyaratkan

oleh BKI dan ABS hanya sebesar 4,26 m<sup>3</sup> untuk *deck* maupun *bottom*. Tegangan global maksimum tongkang akibat *bending* terjadi di bagian bottom tongkang pada skenario 1 kondisi *hogging*, yaitu sebesar 60 N/mm<sup>2</sup> sedangkan allowable stress dari BKI dan ABS sebesar 150 N/mm<sup>2</sup> dan 175 N/mm<sup>2</sup>.

4. Hasil analisis struktur lokal didapatkan tegangan *equivalent von-mises* maksimum pada *bracket* didaerah *bottom* frame 27 sebesar 195,93 MPa. Tegangan tersebut masih berada dibawah tegangan *yield* dari material sebesar 250 MPa. Sehingga struktur lokal tersebut mengalami deformasi elastis.

## 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis usulkan terkait tugas akhir ini ataupun studi lanjutan mengenai kekuatan memanjang antara lain:

1. Dalam melakukan analisis sebaiknya digunakan variasi pada satu variabel bebas, agar hasilnya lebih akurat.
2. Analisis kekuatan memanjang dapat dilanjutkan dengan mengubah variasi ballast, untuk mengetahui pengaruh distribusi ballast secara lebih holistik dengan menghilangkan variasi sarat tongkang.
3. Analisis kekuatan memanjang dapat dilanjutkan dengan mengubah dan memperbanyak skenario dengan variasi sarat yang lebih banyak untuk melihat pengaruh sarat air terhadap kekuatan memanjang tongkang.
4. Analisis kekuatan memanjang bisa dilanjutkan dengan mempertimbangkan gerakan pada tongkang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnyani L. P. 2011. *Analisa Kekuatan Geladak Kapal Tongkang dengan Pendekatan Ultimate*. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan ITS. Surabaya.
- Bhattacharyya, R., 1978. *Dynamics Marine Vehicle*. Maryland: Jhon Wiley & Sons.
- BKI, 2017. *Rules for Hull, Part 1, Volume II*. 2017 ed. Jakarta: s.n.
- Bruce, G. J., 2012. *Ship Construction*. 7 ed. Amerika Serikat: Butterworth-Heinemann.
- Chen Y.K et al, 1983. Ultimate Strength of Ship Structure. *SNAME Trans*, Volume 91, pp. 149-168.
- Cook et al., 1989. *Concepts and Application of Finite Element Analysis*. New York: Wiley.
- Hansch, D. L., 2008. *Method of Determining the Longitudinal Weight Distribution of Ship*, s.l.: s.n.
- Hidayat, T. N. 2017. *Analisa Kekuatan Memanjang dan Longitudinal Buckling pada Kapal Survei Seismik Geomarine IV*. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan ITS. Surabaya.
- Hughes, O., 2010. *Ship Structural Analysis and Design*. New Jersey: SNAME.
- Intan F.N. 2017. *Analisa Kekuatan Memanjang Akibat Beban Gelombang dan Slamming pada kapal Survei Seismik Geomarine IV*. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan ITS. Surabaya.
- Rosyid, D. M., 2000. *Kekuatan Struktur Kapal*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Shama, M., 2013. *Buckling of Ship Structure*. Berlin: Springer.
- SNAME, 2003. *Ship Design and Construction*. Amerika Serikat: Sheridan Books.
- Yao T, et al, 2000. Ultimate Hull Girder Strength. in: *Proceeding 14th International Ship and Offshore Structure Congress (ISSC)*, Volume : 2, pp. 321-329.
- Yao, T et al., 2016. *Buckling and Ultimate Strength of Ship and Ship-Like Floating Structure*. Oxford: Butterworth-Heinemann.



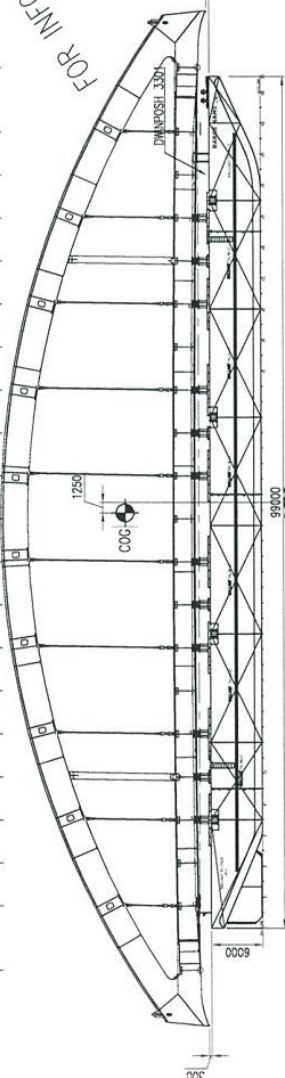
**LAMPIRAN A**

**DATA**

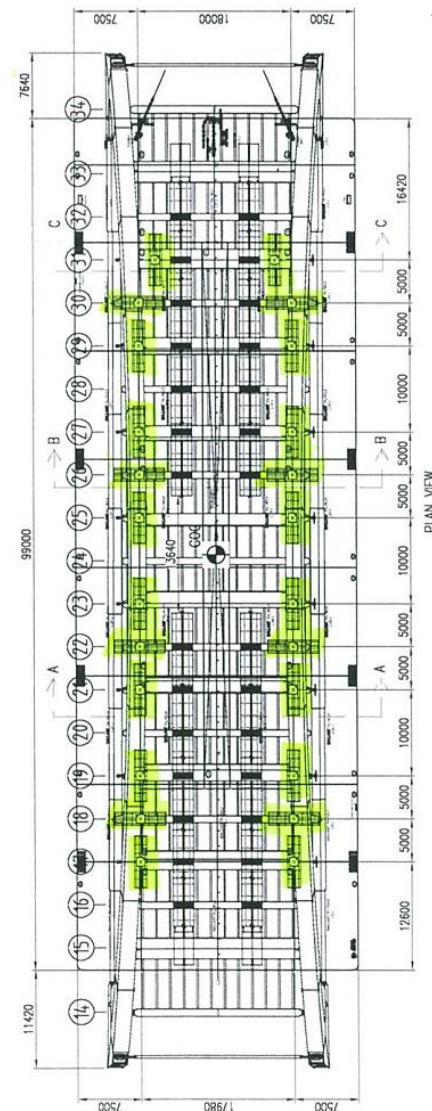


1

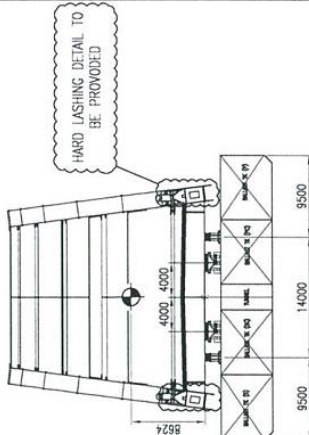
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34



PROFILE VIEW



PLAN VIEW



SIDE VIEW C-C

ON BARGE  
ALT 2 rev d

24/10/17  
22

**NOTE:**

1. MODULE WEIGHT (GROSS WEIGHT) 1967 T BY CLIENT DOC
2. 1717-08-72 WEB-FAC support forces on BARGE (17-31).a12
3. REFER TO THE CALCULATION REPORT 003-PTWBI-CR-QD-00-030
5. NOT FOR WELDS:
  - 100% VISUAL;
  - FOR FILLET AND PARTIAL PENETRATION WELDS: 30% LP U.O.N.

STOPPERS	QTY.
TYPE A	96
TYPE B	144

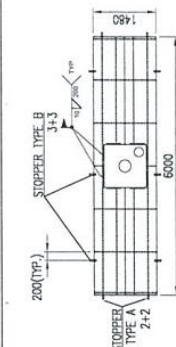
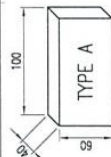
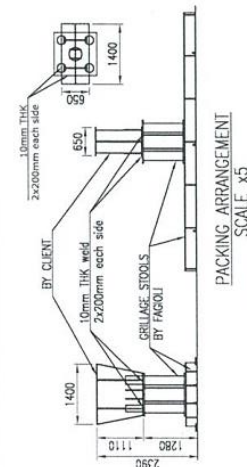
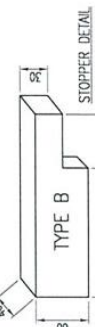


PLATE DETAIL

PACKING ARRANGEMENT  
SCALE x5

### STOPPER DETAIL

A	IN PROGRESS	23/10/17	R.E.	R.G.	R.H.
Rev.	Descriptions of machine Number of machine	Date	Checked Drawn in	Carried Checked in	Approved Approved in

**FAGIOLI**  
ASIA PTE LTD

**Keywords:** *gender inequality, gender discrimination, gender inequality, gender discrimination, gender inequality, gender discrimination*

PT WAGNER BROS

800/555-0000

NAME: \_\_\_\_\_

HOLTEKAMP BRIDGE

003-PTWBI-02  
MAY 2004/2005

999-1-106

8

7

6

1

A

3

3

1

1



HYDROSTATIC PROPERTIES  
No Trim, No Heel, VCG = 0.000

LCF	Displacement	Buoyancy-Ctr.	Weight/	Moment/					
Draft----	Weight (MT)-----	LCB-----	VCB-----	CM-----	LCF----	CM trim-----	KML-----	KMT	
0.500	1,265.63	49.821f	0.247	27.06	50.057f	146.71	1165.95	190.504	
0.520	1,319.83	49.830f	0.257	27.13	50.066f	147.51	1124.16	183.612	
0.540	1,374.17	49.840f	0.267	27.21	50.076f	148.31	1085.58	177.248	
0.560	1,428.65	49.849f	0.277	27.28	50.085f	149.12	1049.86	171.357	
0.580	1,483.28	49.858f	0.288	27.35	50.095f	149.93	1016.67	165.884	
0.600	1,538.05	49.866f	0.298	27.42	50.105f	150.74	985.77	160.788	
0.620	1,592.96	49.875f	0.308	27.49	50.114f	151.55	956.93	156.032	
0.640	1,648.02	49.883f	0.318	27.56	50.124f	152.37	929.94	151.582	
0.660	1,703.21	49.891f	0.329	27.63	50.130f	153.14	904.40	147.398	
0.680	1,758.55	49.898f	0.339	27.70	50.135f	153.92	880.38	143.466	
0.700	1,814.02	49.906f	0.349	27.77	50.141f	154.70	857.77	139.767	
0.720	1,869.63	49.913f	0.359	27.84	50.147f	155.47	836.39	136.268	
0.740	1,925.37	49.920f	0.370	27.91	50.153f	156.25	816.26	132.975	
0.760	1,981.26	49.926f	0.380	27.98	50.159f	157.03	797.21	129.883	
0.780	2,037.27	49.933f	0.391	28.04	50.164f	157.81	779.16	126.909	
0.800	2,093.43	49.939f	0.401	28.11	50.170f	158.60	762.02	124.110	
0.820	2,149.73	49.945f	0.411	28.18	50.175f	159.36	745.64	121.446	
0.840	2,206.15	49.951f	0.422	28.25	50.178f	160.11	729.97	118.909	
0.860	2,262.71	49.957f	0.432	28.31	50.180f	160.86	715.06	116.494	
0.880	2,319.41	49.962f	0.442	28.38	50.183f	161.61	700.83	114.192	
0.900	2,376.23	49.967f	0.453	28.45	50.186f	162.36	687.26	112.017	
0.920	2,433.19	49.972f	0.463	28.51	50.189f	163.12	674.30	109.919	
0.940	2,490.28	49.977f	0.473	28.56	50.192f	163.79	661.55	107.711	
0.960	2,547.43	49.982f	0.484	28.60	50.196f	164.39	649.10	105.451	
0.980	2,604.66	49.987f	0.494	28.63	50.199f	165.00	637.18	103.288	
1.000	2,661.96	49.992f	0.505	28.67	50.203f	165.61	625.75	101.213	
1.020	2,719.33	49.996f	0.515	28.70	50.203f	166.18	614.67	99.218	
1.040	2,776.76	50.000f	0.525	28.73	50.204f	166.75	604.03	97.296	
1.060	2,834.26	50.004f	0.536	28.76	50.205f	167.32	593.81	95.455	
1.080	2,891.82	50.008f	0.546	28.80	50.205f	167.90	583.99	93.686	
1.100	2,949.46	50.012f	0.556	28.83	50.206f	168.48	574.54	91.985	
1.120	3,007.15	50.016f	0.567	28.86	50.206f	169.05	565.44	90.319	
1.140	3,064.91	50.019f	0.577	28.90	50.207f	169.63	556.68	88.740	
1.160	3,122.74	50.023f	0.587	28.93	50.207f	170.21	548.24	87.219	
1.180	3,180.63	50.026f	0.598	28.96	50.208f	170.79	540.10	85.752	
1.200	3,238.58	50.030f	0.608	28.99	50.208f	171.37	532.23	84.334	
1.220	3,296.60	50.033f	0.618	29.03	50.208f	171.95	524.63	82.965	
1.240	3,354.69	50.036f	0.629	29.06	50.209f	172.53	517.29	81.641	
1.260	3,412.83	50.039f	0.639	29.09	50.208f	173.09	510.14	80.358	
1.280	3,471.05	50.041f	0.650	29.12	50.207f	173.66	503.23	79.118	
1.300	3,529.32	50.044f	0.660	29.15	50.206f	174.23	496.54	77.917	
1.320	3,587.66	50.047f	0.670	29.18	50.205f	174.79	490.05	76.754	
1.340	3,646.06	50.049f	0.681	29.22	50.204f	175.36	483.78	75.627	
1.360	3,704.53	50.052f	0.691	29.25	50.203f	175.93	477.69	74.536	
1.380	3,763.05	50.054f	0.701	29.28	50.202f	176.51	471.80	73.478	

Distances in METERS.-----Specific Gravity = 1.025.-----Moment in M.-MT.

Trim is per 100.58M.

Draft is from USK.



06-11-05 11:30:11  
GHS 10.00

ShipTech Pte Ltd  
ST1497 - 330' X 110' X 20' BALLASTIBLE BARGE

Page 3  
ST1497

HYDROSTATIC PROPERTIES  
No Trim, No Heel, VCG = 0.000

Draft	Displacement	Buoyancy-Ctr.	Weight/	Moment/				
---Weight (MT)---	LCB----	VCB-----	CM-----	LCF----	CM trim----	KML-----	KMT-----	
1.400	3,821.65	50.056f	0.712	29.31	50.201f	177.08	466.08	72.451
1.420	3,880.30	50.058f	0.722	29.34	50.200f	177.66	460.53	71.454
1.440	3,939.01	50.061f	0.732	29.37	50.198f	178.24	455.13	70.486
1.460	3,997.80	50.063f	0.743	29.40	50.197f	178.81	449.89	69.545
1.480	4,056.64	50.064f	0.753	29.44	50.196f	179.39	444.81	68.632
1.500	4,115.55	50.066f	0.763	29.47	50.194f	179.98	439.86	67.744
1.520	4,174.52	50.068f	0.774	29.50	50.193f	180.56	435.05	66.860
1.540	4,233.55	50.070f	0.784	29.53	50.192f	181.15	430.38	66.020
1.560	4,292.65	50.072f	0.794	29.56	50.190f	181.73	425.83	65.203
1.580	4,351.81	50.073f	0.805	29.59	50.189f	182.32	421.40	64.407
1.600	4,411.03	50.075f	0.815	29.63	50.187f	182.91	417.08	63.632
1.620	4,470.31	50.076f	0.825	29.66	50.185f	183.50	412.87	62.876
1.640	4,529.66	50.078f	0.836	29.69	50.184f	184.08	408.76	62.138
1.660	4,589.07	50.079f	0.846	29.72	50.183f	184.67	404.76	61.418
1.680	4,648.54	50.080f	0.856	29.75	50.182f	185.25	400.85	60.715
1.700	4,708.08	50.082f	0.867	29.78	50.181f	185.84	397.04	60.031
1.720	4,767.67	50.083f	0.877	29.81	50.180f	186.44	393.33	59.364
1.740	4,827.32	50.084f	0.888	29.84	50.178f	187.03	389.70	58.712
1.760	4,887.05	50.085f	0.898	29.87	50.177f	187.62	386.16	58.076
1.780	4,946.82	50.086f	0.908	29.91	50.176f	188.22	382.70	57.454
1.800	5,006.67	50.087f	0.919	29.94	50.174f	188.81	379.33	56.847
1.820	5,066.58	50.088f	0.929	29.97	50.173f	189.41	376.03	56.254
1.840	5,126.55	50.089f	0.939	30.00	50.171f	190.01	372.81	55.675
1.860	5,186.59	50.090f	0.950	30.03	50.170f	190.62	369.67	55.109
1.880	5,246.69	50.091f	0.960	30.06	50.169f	191.22	366.59	54.556
1.900	5,306.84	50.092f	0.971	30.09	50.167f	191.83	363.59	54.015
1.920	5,367.07	50.093f	0.981	30.13	50.166f	192.44	360.65	53.486
1.940	5,427.36	50.094f	0.991	30.16	50.164f	193.05	357.77	52.963
1.960	5,487.70	50.094f	1.002	30.19	50.162f	193.66	354.95	52.456
1.980	5,548.11	50.095f	1.012	30.22	50.161f	194.27	352.20	51.959
2.000	5,608.58	50.096f	1.023	30.25	50.159f	194.88	349.50	51.474
2.020	5,669.11	50.097f	1.033	30.28	50.157f	195.50	346.86	50.998
2.040	5,729.72	50.097f	1.043	30.31	50.156f	196.11	344.27	50.531
2.060	5,790.38	50.098f	1.054	30.34	50.155f	196.72	341.72	50.062
2.080	5,851.10	50.098f	1.064	30.38	50.154f	197.34	339.23	49.614
2.100	5,911.88	50.099f	1.074	30.41	50.152f	197.95	336.80	49.174
2.120	5,972.73	50.099f	1.085	30.44	50.151f	198.57	334.41	48.744
2.140	6,033.64	50.100f	1.095	30.47	50.150f	199.19	332.07	48.322
2.160	6,094.60	50.101f	1.106	30.50	50.149f	199.82	329.77	47.908
2.180	6,155.65	50.101f	1.116	30.53	50.147f	200.44	327.52	47.501
2.200	6,216.73	50.101f	1.127	30.56	50.146f	201.06	325.30	47.102
2.220	6,277.89	50.102f	1.137	30.59	50.144f	201.68	323.13	46.711
2.240	6,339.12	50.102f	1.147	30.62	50.143f	202.31	321.00	46.327
2.260	6,400.40	50.103f	1.158	30.66	50.141f	202.93	318.92	45.951
2.280	6,461.74	50.103f	1.168	30.69	50.139f	203.56	316.87	45.581

Distances in METERS.-----Specific Gravity = 1.025.-----Moment in M.-MT.  
Trim is per 100.58M.

Draft is from USK.

HYDROSTATIC PROPERTIES  
No Trim, No Heel, VCG = 0.000

LCF	Displacement	Buoyancy-Ctr.		Weight/		Moment/		
Draft	Weight (MT)	LCB	VCB	CM	LCF	CM trim	KML	KMT
2.300	6,523.16	50.103f	1.179	30.72	50.138f	204.20	314.86	45.219
2.320	6,584.63	50.104f	1.189	30.75	50.136f	204.83	312.89	44.863
2.340	6,646.16	50.104f	1.200	30.78	50.134f	205.47	310.96	44.499
2.360	6,707.76	50.104f	1.210	30.81	50.133f	206.10	309.06	44.156
2.380	6,769.41	50.104f	1.220	30.84	50.131f	206.74	307.19	43.820
2.400	6,831.13	50.105f	1.231	30.87	50.130f	207.39	305.36	43.489
2.420	6,892.92	50.105f	1.241	30.91	50.128f	208.03	303.57	43.164
2.440	6,954.76	50.105f	1.252	30.94	50.127f	208.68	301.80	42.845
2.460	7,016.67	50.105f	1.262	30.97	50.126f	209.32	300.06	42.530
2.480	7,078.65	50.105f	1.273	31.00	50.125f	209.96	298.34	42.220
2.500	7,140.60	50.106f	1.283	31.03	50.123f	210.60	296.66	41.916
2.520	7,202.77	50.106f	1.294	31.06	50.122f	211.25	295.01	41.617
2.540	7,264.93	50.106f	1.304	31.09	50.121f	211.90	293.38	41.323
2.560	7,327.15	50.106f	1.314	31.12	50.120f	212.55	291.78	41.034
2.580	7,389.43	50.106f	1.325	31.16	50.119f	213.21	290.21	40.750
2.600	7,451.78	50.106f	1.335	31.19	50.118f	213.86	288.66	40.470
2.620	7,514.19	50.106f	1.346	31.22	50.116f	214.51	287.14	40.193
2.640	7,576.65	50.106f	1.356	31.25	50.114f	215.16	285.64	39.922
2.660	7,639.19	50.106f	1.367	31.28	50.113f	215.81	284.16	39.655
2.680	7,701.78	50.106f	1.377	31.31	50.111f	216.47	282.71	39.392
2.700	7,764.43	50.106f	1.388	31.34	50.109f	217.13	281.28	39.133
2.720	7,827.16	50.106f	1.398	31.37	50.108f	217.79	279.87	38.879
2.740	7,889.94	50.106f	1.409	31.40	50.106f	218.45	278.49	38.628
2.760	7,952.78	50.106f	1.419	31.44	50.104f	219.13	277.15	38.373
2.780	8,015.69	50.106f	1.430	31.47	50.102f	219.80	275.81	38.130
2.800	8,078.66	50.106f	1.440	31.50	50.101f	220.46	274.49	37.891
2.820	8,141.69	50.106f	1.451	31.53	50.099f	221.14	273.20	37.657
2.840	8,204.78	50.106f	1.461	31.56	50.097f	221.81	271.92	37.425
2.860	8,267.94	50.106f	1.472	31.59	50.096f	222.48	270.66	37.196
2.880	8,331.16	50.106f	1.482	31.62	50.095f	223.15	269.41	36.971
2.900	8,394.44	50.106f	1.493	31.65	50.094f	223.82	268.19	36.748
2.920	8,457.78	50.106f	1.503	31.69	50.093f	224.49	266.98	36.529
2.940	8,521.19	50.106f	1.514	31.72	50.092f	225.17	265.79	36.314
2.960	8,584.66	50.106f	1.524	31.75	50.091f	225.85	264.62	36.101
2.980	8,648.19	50.106f	1.535	31.78	50.090f	226.53	263.47	35.892
3.000	8,711.78	50.106f	1.545	31.81	50.089f	227.22	262.34	35.686
3.020	8,775.44	50.105f	1.556	31.84	50.087f	227.90	261.22	35.483
3.040	8,839.16	50.105f	1.566	31.87	50.086f	228.58	260.11	35.281
3.060	8,902.93	50.105f	1.577	31.90	50.084f	229.27	259.02	35.083
3.080	8,966.78	50.105f	1.587	31.94	50.082f	229.95	257.95	34.885
3.100	9,030.69	50.105f	1.598	31.97	50.081f	230.64	256.89	34.692
3.120	9,094.65	50.105f	1.608	32.00	50.079f	231.33	255.84	34.502
3.140	9,158.69	50.104f	1.619	32.03	50.077f	232.02	254.81	34.315
3.160	9,222.77	50.104f	1.630	32.06	50.076f	232.72	253.80	34.120
3.180	9,286.92	50.104f	1.640	32.09	50.074f	233.41	252.80	33.938

Distances in METERS.-----Specific Gravity = 1.025.-----Moment in M.-MT.  
Trim is per 100.58M.

Draft is from USK.

06-11-05 11:30:11  
GHS 10.00

ShipTech Pte Ltd  
ST1497 - 330' X 110' X 20' BALLASTIBLE BARGE

Page 5  
ST1497

HYDROSTATIC PROPERTIES  
No Trim, No Heel, VCG = 0.000

LCF	Displacement	Buoyancy-Ctr.		Weight/		Moment/		
Draft----	Weight (MT)---	LCB-----	VCB-----	CM-----	LCF----	CM trim----	KML-----	KMT-----
3.200	9,351.15	50.104f	1.651	32.12	50.072f	234.11	251.82	33.759
3.220	9,415.42	50.104f	1.661	32.15	50.070f	234.82	250.85	33.582
3.240	9,479.76	50.103f	1.672	32.19	50.069f	235.52	249.90	33.408
3.260	9,544.17	50.103f	1.682	32.22	50.067f	236.22	248.95	33.235
3.280	9,608.64	50.103f	1.693	32.25	50.066f	236.92	248.01	33.064
3.300	9,673.16	50.103f	1.703	32.28	50.065f	237.63	247.09	32.895
3.320	9,737.76	50.102f	1.714	32.31	50.064f	238.33	246.18	32.729
3.340	9,802.42	50.102f	1.725	32.34	50.063f	239.04	245.28	32.565
3.360	9,867.13	50.102f	1.735	32.37	50.061f	239.75	244.40	32.403
3.380	9,931.92	50.102f	1.746	32.40	50.060f	240.46	243.52	32.244
3.400	9,996.76	50.101f	1.756	32.44	50.059f	241.18	242.66	32.086
3.420	10,061.66	50.101f	1.767	32.47	50.058f	241.89	241.81	31.931
3.440	10,126.63	50.101f	1.777	32.50	50.057f	242.61	240.98	31.777
3.460	10,191.67	50.101f	1.788	32.53	50.055f	243.33	240.15	31.625
3.480	10,256.75	50.100f	1.799	32.56	50.053f	244.04	239.32	31.475
3.500	10,321.91	50.100f	1.809	32.59	50.051f	244.76	238.51	31.326
3.520	10,387.13	50.100f	1.820	32.62	50.050f	245.48	237.71	31.180
3.540	10,452.41	50.099f	1.830	32.65	50.048f	246.21	236.93	31.035
3.560	10,517.75	50.099f	1.841	32.69	50.046f	246.93	236.15	30.885
3.580	10,583.16	50.099f	1.852	32.72	50.044f	247.66	235.38	30.744
3.600	10,648.63	50.098f	1.862	32.75	50.043f	248.39	234.62	30.605
3.620	10,714.14	50.098f	1.873	32.78	50.041f	249.12	233.88	30.467
3.640	10,779.75	50.098f	1.883	32.81	50.039f	249.86	233.14	30.332
3.660	10,845.40	50.097f	1.894	32.84	50.037f	250.59	232.41	30.198
3.680	10,911.11	50.097f	1.905	32.87	50.036f	251.32	231.68	30.064
3.700	10,976.90	50.097f	1.915	32.91	50.035f	252.06	230.97	29.933
3.720	11,042.75	50.096f	1.926	32.94	50.034f	252.79	230.26	29.803
3.740	11,108.64	50.096f	1.936	32.97	50.032f	253.53	229.56	29.674
3.760	11,174.63	50.095f	1.947	33.00	50.031f	254.27	228.87	29.547
3.780	11,240.65	50.095f	1.958	33.03	50.030f	255.01	228.19	29.422
3.800	11,306.74	50.095f	1.968	33.06	50.029f	255.76	227.52	29.298
3.820	11,372.91	50.094f	1.979	33.09	50.027f	256.51	226.86	29.176
3.840	11,439.13	50.094f	1.990	33.12	50.026f	257.26	226.21	29.056
3.860	11,505.40	50.094f	2.000	33.16	50.025f	258.01	225.56	28.936
3.880	11,571.76	50.093f	2.011	33.19	50.023f	258.76	224.92	28.818
3.900	11,638.17	50.093f	2.022	33.22	50.021f	259.51	224.28	28.700
3.920	11,704.62	50.092f	2.032	33.25	50.019f	260.26	223.65	28.585
3.940	11,771.17	50.092f	2.043	33.28	50.017f	261.01	223.03	28.470
3.960	11,837.77	50.091f	2.053	33.31	50.015f	261.77	222.42	28.357
3.980	11,904.42	50.091f	2.064	33.34	50.014f	262.52	221.81	28.244
4.000	11,971.15	50.091f	2.075	33.37	50.012f	263.29	221.22	28.134
4.020	12,037.93	50.090f	2.085	33.41	50.010f	264.05	220.63	28.020
4.040	12,104.76	50.090f	2.096	33.44	50.008f	264.81	220.05	27.912
4.060	12,171.68	50.089f	2.107	33.47	50.006f	265.58	219.47	27.805
4.080	12,238.65	50.089f	2.117	33.50	50.004f	266.35	218.90	27.699

Distances in METERS.-----Specific Gravity = 1.025.-----Moment in M.-MT.  
Trim is per 100.58M.

Draft is from USK.



HYDROSTATIC PROPERTIES  
No Trim, No Heel, VCG = 0.000

LCF	Displacement	Buoyancy-Ctr.		Weight/		Moment/			
Draft	Weight (MT)	LCB	VCB	CM	LCF	CM trim	KML	KMT	
4.100	12,305.67	50.088f	2.128	33.53	50.003f	267.11	218.33	27.594	
4.120	12,372.78	50.088f	2.139	33.56	50.001f	267.88	217.77	27.490	
4.140	12,439.94	50.087f	2.149	33.59	50.000f	268.65	217.22	27.388	
4.160	12,507.15	50.087f	2.160	33.63	49.999f	269.42	216.67	27.286	
4.180	12,574.44	50.086f	2.171	33.66	49.997f	270.19	216.13	27.186	
4.200	12,641.80	50.086f	2.182	33.69	49.996f	270.97	215.60	27.087	
4.220	12,709.20	50.086f	2.192	33.72	49.994f	271.75	215.07	26.988	
4.240	12,776.68	50.085f	2.203	33.75	49.993f	272.53	214.55	26.891	
4.260	12,844.21	50.085f	2.214	33.78	49.991f	273.32	214.04	26.796	
4.280	12,911.81	50.084f	2.224	33.81	49.990f	274.10	213.53	26.701	
4.300	12,979.48	50.084f	2.235	33.85	49.988f	274.89	213.02	26.607	
4.320	13,047.19	50.083f	2.246	33.88	49.986f	275.67	212.52	26.513	
4.340	13,114.98	50.083f	2.256	33.91	49.984f	276.46	212.03	26.421	
4.360	13,182.84	50.082f	2.267	33.94	49.982f	277.25	211.54	26.330	
4.380	13,250.74	50.082f	2.278	33.97	49.980f	278.04	211.05	26.239	
4.400	13,318.72	50.081f	2.288	34.00	49.978f	278.83	210.58	26.150	
4.420	13,386.77	50.080f	2.299	34.03	49.976f	279.63	210.11	26.061	
4.440	13,454.85	50.080f	2.310	34.07	49.973f	280.43	209.64	25.974	
4.460	13,523.02	50.079f	2.321	34.10	49.971f	281.24	209.18	25.887	
4.480	13,591.26	50.079f	2.331	34.13	49.969f	282.04	208.73	25.802	
4.500	13,659.53	50.078f	2.342	34.16	49.967f	282.84	208.28	25.716	
4.520	13,727.89	50.078f	2.353	34.19	49.966f	283.64	207.83	25.632	
4.540	13,796.32	50.077f	2.364	34.22	49.964f	284.45	207.38	25.548	
4.560	13,864.78	50.077f	2.374	34.25	49.962f	285.26	206.95	25.466	
4.580	13,933.33	50.076f	2.385	34.29	49.960f	286.08	206.52	25.384	
4.600	14,001.94	50.075f	2.396	34.31	49.974f	286.62	205.89	25.297	
4.620	14,070.56	50.075f	2.406	34.32	49.995f	287.04	205.19	25.207	
4.640	14,139.23	50.075f	2.417	34.34	50.016f	287.47	204.50	25.119	
4.660	14,207.94	50.074f	2.428	34.35	50.037f	287.90	203.82	25.032	
4.680	14,276.65	50.074f	2.439	34.37	50.058f	288.32	203.13	24.945	
4.700	14,345.41	50.074f	2.449	34.39	50.079f	288.76	202.46	24.860	
4.720	14,414.21	50.074f	2.460	34.40	50.100f	289.19	201.80	24.775	
4.740	14,483.01	50.075f	2.471	34.42	50.121f	289.61	201.14	24.691	
4.760	14,551.87	50.075f	2.482	34.43	50.141f	290.04	200.48	24.608	
4.780	14,620.77	50.075f	2.492	34.45	50.162f	290.47	199.83	24.525	
4.800	14,689.67	50.076f	2.503	34.47	50.183f	290.89	199.18	24.443	
4.820	14,758.62	50.076f	2.514	34.48	50.203f	291.32	198.54	24.362	
4.840	14,827.61	50.077f	2.524	34.50	50.224f	291.75	197.91	24.282	
4.860	14,896.61	50.078f	2.535	34.51	50.244f	292.18	197.28	24.203	
4.880	14,965.66	50.078f	2.546	34.53	50.265f	292.61	196.66	24.124	
4.900	15,034.74	50.079f	2.557	34.54	50.277f	292.86	195.93	24.042	
4.920	15,103.80	50.080f	2.567	34.54	50.278f	292.93	195.08	23.957	
4.940	15,172.88	50.081f	2.578	34.54	50.278f	292.99	194.23	23.872	
4.960	15,241.98	50.082f	2.589	34.54	50.279f	293.05	193.39	23.789	
4.980	15,311.05	50.083f	2.599	34.54	50.279f	293.12	192.56	23.706	

Distances in METERS.-----Specific Gravity = 1.025.-----Moment in M.-MT.

Trim is per 100.58M.

Draft is from USK.

16 A0 : 1:200

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

16

15

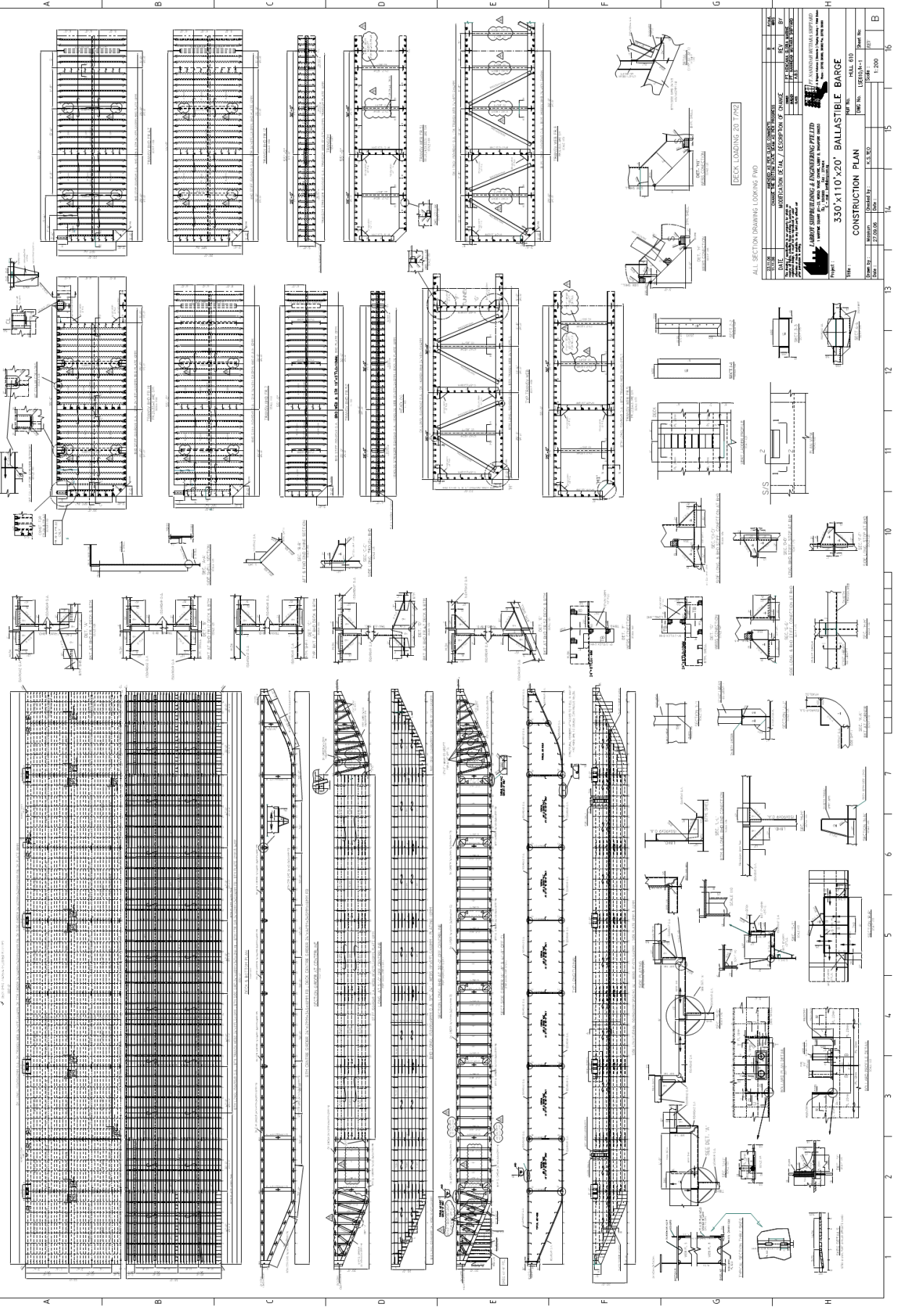
14

13

12

11

10



**LAMPIRAN B**

**DISTRIBUSI BEBAN**

Location (Frame)	LWT (A)	Jembatan (B)	Ballast (C)				Distribusi Total (D)= (A)+(B)+(C)			
			Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
0	4.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.21	4.21	4.21	4.21
1	11.23	0.00	59.30	35.88	18.63	0.00	70.52	47.11	29.86	11.23
2	13.80	0.00	84.84	61.11	43.54	0.00	98.65	74.91	57.35	13.80
3	15.76	0.00	110.41	86.35	68.60	1.02	126.17	102.11	84.36	16.78
4	17.47	0.00	135.97	111.59	93.66	14.43	153.43	129.06	111.12	31.90
5	19.01	0.00	161.80	137.10	118.98	39.45	180.81	156.11	137.99	58.46
6	20.43	23.29	182.23	133.92	115.62	36.08	225.95	177.64	159.34	79.80
7	21.73	23.29	30.50	30.50	30.50	30.50	75.53	75.53	75.53	75.53
8	22.57	23.29	30.51	30.51	30.51	30.51	76.38	76.38	76.38	76.38
9	23.43	23.29	30.53	30.53	30.53	30.53	77.25	77.25	77.25	77.25
10	24.30	92.48	30.54	30.54	30.54	30.54	147.31	147.31	147.31	147.31
11	24.79	22.62	30.55	30.55	30.55	30.55	77.96	77.96	77.96	77.96
12	25.15	22.62	30.57	30.57	30.57	30.57	78.34	78.34	78.34	78.34
13	25.18	22.62	27.72	27.72	27.72	27.72	75.52	75.52	75.52	75.52
14	25.20	22.62	27.73	27.73	27.73	27.73	75.55	75.55	75.55	75.55
15	25.20	0.00	27.74	27.74	27.74	27.74	52.94	52.94	52.94	52.94
16	25.20	0.00	27.75	27.75	27.75	27.75	52.95	52.95	52.95	52.95
17	25.20	22.47	27.76	27.76	27.76	27.76	75.44	75.44	75.44	75.44
18	25.20	22.47	27.78	27.78	27.78	27.78	75.45	75.45	75.45	75.45
19	25.20	22.47	27.70	27.70	27.70	27.70	75.37	75.37	75.37	75.37
20	25.20	22.47	27.72	27.72	27.72	27.72	75.39	75.39	75.39	75.39
21	25.20	89.77	27.73	27.73	27.73	27.73	142.70	142.70	142.70	142.70
22	25.20	22.42	27.74	27.74	27.74	27.74	75.36	75.36	75.36	75.36
23	25.20	22.42	27.75	27.75	27.75	27.75	75.37	75.37	75.37	75.37
24	25.20	22.42	27.76	27.76	27.76	27.76	75.38	75.38	75.38	75.38
25	25.20	22.42	27.78	27.78	27.78	27.78	75.39	75.39	75.39	75.39
26	25.20	0.00	27.79	27.79	27.79	27.79	52.98	52.98	52.98	52.98
27	25.20	0.00	27.72	27.72	27.72	27.72	52.92	52.92	52.92	52.92
28	25.20	23.88	27.73	27.73	27.73	27.73	76.81	76.81	76.81	76.81
29	25.20	23.88	27.74	27.74	27.74	27.74	76.82	76.82	76.82	76.82
30	25.20	23.88	27.75	27.75	27.75	27.75	76.83	76.83	76.83	76.83
31	25.20	23.88	27.76	27.76	27.76	27.76	76.84	76.84	76.84	76.84
32	25.20	96.10	27.78	27.78	27.78	27.78	149.07	149.07	149.07	149.07
33	25.20	24.02	27.70	27.70	27.70	27.70	76.93	76.93	76.93	76.93
34	25.20	24.02	27.72	27.72	27.72	27.72	76.94	76.94	76.94	76.94
35	25.20	24.02	27.73	27.73	27.73	27.73	76.95	76.95	76.95	76.95
36	25.19	24.02	27.74	27.74	27.74	27.74	76.95	76.95	76.95	76.95
37	25.19	0.00	27.75	27.75	27.75	27.75	52.95	52.95	52.95	52.95
38	25.19	24.26	27.76	27.76	27.76	27.76	77.22	77.22	77.22	77.22
39	25.20	24.26	27.78	27.78	27.78	27.78	77.23	77.23	77.23	77.23
40	25.22	24.26	39.68	27.35	27.35	27.35	89.15	76.83	76.83	76.83
41	25.23	24.26	39.69	27.35	27.35	27.35	89.17	76.84	76.84	76.84

42	25.22	98.33	39.70	25.52	25.52	25.52	163.25	149.07	149.07	149.07
43	25.20	24.87	39.71	26.85	26.85	26.85	89.79	76.93	76.93	76.93
44	25.18	24.87	39.72	26.89	26.89	26.89	89.77	76.94	76.94	76.94
45	24.86	24.87	39.73	27.22	27.22	27.22	89.46	76.95	76.95	76.95
46	24.55	24.87	39.74	27.53	27.53	27.53	89.17	76.95	76.95	76.95
47	24.05	0.00	39.76	28.89	28.89	28.89	63.81	52.95	52.95	52.95
48	23.00	0.00	198.93	145.16	102.30	21.07	221.93	168.16	125.30	44.07
49	21.95	0.00	189.25	135.16	92.11	11.14	211.20	157.11	114.06	33.08
50	20.23	0.00	172.42	118.01	74.78	0.96	192.65	138.24	95.01	21.19
51	17.83	0.00	147.86	93.13	49.71	0.00	165.69	110.95	67.54	17.83
52	15.44	0.00	120.28	65.23	21.68	0.00	135.72	80.67	37.13	15.44
53	12.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.17	12.17	12.17	12.17
54	8.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.61	8.61	8.61	8.61
55	2.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.53	2.53	2.53	2.53

**LAMPIRAN C**  
***SHEAR FORCE***  
***DAN BENDING MOMENT***

SKENARIO 1			STILLWATER			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.53	0	2.53	0	0
Frame 54	-1.829	8.609	0	8.609	-0.012	0.01
Frame 53	-3.658	12.172	-3.15	9.022	-0.029	0.047
Frame 52	-5.486	135.691	-30.688	105.002	-0.023	0.098
Frame 51	-7.315	165.668	-59.112	106.557	-0.217	0.317
Frame 50	-9.144	192.644	-84.509	108.134	-0.414	0.893
Frame 49	-10.973	211.207	-101.658	109.549	-0.614	1.832
Frame 48	-12.802	221.953	-112.463	109.49	-0.816	3.14
Frame 47	-14.63	94.095	-112.463	-18.369	-1.055	4.838
Frame 46	-16.459	94.588	-112.463	-17.875	-1.022	6.738
Frame 45	-18.288	94.898	-112.463	-17.565	-0.99	8.578
Frame 44	-20.117	64.891	-112.463	-47.572	-0.937	10.351
Frame 43	-21.946	186.418	-112.463	73.955	-1.004	12.083
Frame 42	-23.774	94.515	-112.463	-17.948	-0.953	13.886
Frame 41	-25.603	94.518	-112.463	-17.945	-0.921	15.599
Frame 40	-27.432	88.524	-112.463	-23.94	-0.888	17.253
Frame 39	-29.261	82.519	-112.463	-29.944	-0.833	18.826
Frame 38	-31.09	52.94	-112.463	-59.524	-0.729	20.258
Frame 37	-32.918	52.94	-112.463	-59.524	-0.62	21.491
Frame 36	-34.747	82.223	-112.463	-30.241	-0.55	22.551
Frame 35	-36.576	82.233	-112.463	-30.231	-0.495	23.507
Frame 34	-38.405	82.233	-112.463	-30.231	-0.439	24.361
Frame 33	-40.234	52.95	-112.463	-59.514	-0.36	25.104
Frame 32	-42.062	171.693	-112.463	59.23	-0.416	25.777
Frame 31	-43.891	82.056	-112.463	-30.407	-0.332	26.461
Frame 30	-45.72	82.056	-112.463	-30.407	-0.276	27.018
Frame 29	-47.549	82.056	-112.463	-30.407	-0.221	27.473
Frame 28	-49.378	82.063	-112.463	-30.4	-0.165	27.826
Frame 27	-51.206	52.95	-112.463	-59.514	-0.058	28.03
Frame 26	-53.035	52.943	-112.463	-59.521	0.051	28.037
Frame 25	-54.864	80.273	-112.463	-32.191	0.121	27.872
Frame 24	-56.693	80.273	-112.463	-32.191	0.179	27.597
Frame 23	-58.522	80.28	-112.463	-32.184	0.238	27.215
Frame 22	-60.35	52.95	-112.463	-59.514	0.323	26.714
Frame 21	-62.179	52.943	-112.463	-59.521	0.267	26.149

Frame 20	-64.008	80.343	-112.463	-32.121	0.36	25.565
Frame 19	-65.837	80.343	-112.463	-32.121	0.419	24.854
Frame 18	-67.666	80.35	-112.463	-32.114	0.478	24.034
Frame 17	-69.494	52.95	-112.463	-59.514	0.538	23.107
Frame 16	-71.323	52.943	-112.463	-59.521	0.647	22.023
Frame 15	-73.152	52.943	-112.463	-59.521	0.756	20.74
Frame 14	-74.981	80.523	-112.463	-31.941	0.822	19.292
Frame 13	-76.81	80.51	-112.463	-31.954	0.88	17.735
Frame 12	-78.638	83.267	-112.463	-29.197	0.939	16.073
Frame 11	-80.467	55.32	-112.463	-57.143	1.021	14.292
Frame 10	-82.296	54.83	-112.463	-57.633	0.957	12.476
Frame 09	-84.125	82.36	-112.463	-30.103	1.043	10.637
Frame 08	-85.954	81.506	-112.463	-30.957	1.099	8.678
Frame 07	-87.782	80.666	-112.398	-31.732	1.156	6.617
Frame 06	-89.611	202.628	-107.37	95.258	0.934	4.709
Frame 05	-91.44	180.788	-86.15	94.638	0.759	3.162
Frame 04	-93.269	153.428	-59.942	93.486	0.587	1.932
Frame 03	-95.098	126.174	-33.859	92.315	0.417	1.014
Frame 02	-96.926	98.665	-8.238	90.427	0.25	0.404
Frame 01	-98.755	70.556	0	70.556	0.103	0.087
Frame 00	-100.584	4.205	0	4.205	0	0



SKENARIO 1			HOGGING			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.53	0.000	2.530	0	0
Frame 54	-1.829	8.609	0.000	8.609	-0.012	0.01
Frame 53	-3.658	12.172	0.000	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	135.691	-20.431	115.016	-0.038	0.115
Frame 51	-7.315	165.668	-49.164	116.358	-0.25	0.378
Frame 50	-9.144	192.644	-75.185	117.410	-0.465	1.031
Frame 49	-10.973	211.207	-93.143	118.113	-0.681	2.078
Frame 48	-12.802	221.953	-104.960	117.140	-0.898	3.522
Frame 47	-14.63	94.095	-105.962	-12.178	-1.151	5.383
Frame 46	-16.459	94.588	-106.986	-12.619	-1.128	7.467
Frame 45	-18.288	94.898	-108.073	-13.308	-1.104	9.508
Frame 44	-20.117	64.891	-109.209	-44.361	-1.058	11.497
Frame 43	-21.946	186.418	-110.376	76.087	-1.13	13.455
Frame 42	-23.774	94.515	-111.560	-16.912	-1.082	15.491
Frame 41	-25.603	94.518	-112.742	-18.002	-1.05	17.442
Frame 40	-27.432	88.524	-113.904	-25.380	-1.016	19.332
Frame 39	-29.261	82.519	-115.029	-32.731	-0.958	21.137
Frame 38	-31.09	52.94	-116.102	-63.295	-0.847	22.792
Frame 37	-32.918	52.94	-117.104	-64.209	-0.731	24.235
Frame 36	-34.747	82.223	-118.022	-35.755	-0.652	25.49
Frame 35	-36.576	82.233	-118.840	-36.474	-0.585	26.621
Frame 34	-38.405	82.233	-119.547	-37.093	-0.518	27.631
Frame 33	-40.234	52.95	-120.131	-66.872	-0.426	28.507
Frame 32	-42.062	171.693	-120.586	50.886	-0.466	29.287
Frame 31	-43.891	82.056	-120.903	-38.980	-0.367	30.05
Frame 30	-45.72	82.056	-121.080	-39.068	-0.296	30.656
Frame 29	-47.549	82.056	-121.114	-39.014	-0.225	31.133
Frame 28	-49.378	82.063	-121.008	-38.812	-0.154	31.479
Frame 27	-51.206	52.95	-120.765	-67.594	-0.031	31.648
Frame 26	-53.035	52.943	-120.390	-67.758	0.092	31.592
Frame 25	-54.864	80.273	-119.893	-39.842	0.176	31.339
Frame 24	-56.693	80.273	-119.283	-39.143	0.248	30.95
Frame 23	-58.522	80.28	-118.573	-38.338	0.319	30.431
Frame 22	-60.35	52.95	-117.776	-64.782	0.414	29.771
Frame 21	-62.179	52.943	-116.909	-63.834	0.367	29.031

Frame 20	-64.008	80.343	-115.987	-35.422	0.467	28.258
Frame 19	-65.837	80.343	-115.027	-34.374	0.531	27.345
Frame 18	-67.666	80.35	-114.045	-33.917	0.594	26.316
Frame 17	-69.494	52.95	-113.062	-60.245	0.657	25.174
Frame 16	-71.323	52.943	-112.091	-59.192	0.766	23.872
Frame 15	-73.152	52.943	-111.152	-58.165	0.874	22.372
Frame 14	-74.981	80.523	-110.259	-29.604	0.936	20.711
Frame 13	-76.81	80.51	-109.430	-28.699	0.989	18.951
Frame 12	-78.638	83.267	-108.676	-25.653	1.041	17.094
Frame 11	-80.467	55.32	-108.012	-52.839	1.117	15.132
Frame 10	-82.296	54.83	-107.448	-52.667	1.044	13.15
Frame 09	-84.125	82.36	-106.995	-24.586	1.12	11.16
Frame 08	-85.954	81.506	-106.660	-25.008	1.166	9.07
Frame 07	-87.782	80.666	-106.450	-25.540	1.212	6.897
Frame 06	-89.611	202.628	-101.574	100.811	0.979	4.897
Frame 05	-91.44	180.788	-80.463	100.179	0.794	3.276
Frame 04	-93.269	153.428	-54.342	99.037	0.612	1.991
Frame 03	-95.098	126.174	-28.462	97.760	0.432	1.037
Frame 02	-96.926	98.665	-3.378	95.433	0.255	0.409
Frame 01	-98.755	70.556	0.000	70.800	0.103	0.087
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0	0

SKENARIO 1			SAGGING			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.53	0.000	2.530	0.000	0.000
Frame 54	-1.829	8.609	-0.001	8.608	-0.012	0.010
Frame 53	-3.658	12.172	-13.230	-1.058	-0.019	0.041
Frame 52	-5.486	135.691	-40.601	95.320	0.005	0.059
Frame 51	-7.315	165.668	-68.335	97.472	-0.172	0.211
Frame 50	-9.144	192.644	-93.027	99.662	-0.353	0.690
Frame 49	-10.973	211.207	-109.456	101.705	-0.539	1.505
Frame 48	-12.802	221.953	-119.541	102.274	-0.726	2.661
Frame 47	-14.63	94.095	-118.651	-24.263	-0.954	4.185
Frame 46	-16.459	94.588	-117.601	-22.804	-0.911	5.889
Frame 45	-18.288	94.898	-116.494	-21.470	-0.870	7.518
Frame 44	-20.117	64.891	-115.344	-50.411	-0.811	9.066
Frame 43	-21.946	186.418	-114.172	72.204	-0.874	10.564
Frame 42	-23.774	94.515	-112.993	-18.604	-0.821	12.126
Frame 41	-25.603	94.518	-111.826	-17.517	-0.788	13.598
Frame 40	-27.432	88.524	-110.686	-22.162	-0.757	15.010
Frame 39	-29.261	82.519	-109.591	-26.862	-0.707	16.348
Frame 38	-31.09	52.94	-108.556	-55.490	-0.609	17.556
Frame 37	-32.918	52.94	-107.594	-54.612	-0.509	18.578
Frame 36	-34.747	82.223	-106.720	-24.539	-0.448	19.443
Frame 35	-36.576	82.233	-105.944	-23.837	-0.404	20.222
Frame 34	-38.405	82.233	-105.277	-23.253	-0.361	20.922
Frame 33	-40.234	52.95	-104.726	-52.070	-0.295	21.534
Frame 32	-42.062	171.693	-104.300	67.602	-0.365	22.102
Frame 31	-43.891	82.056	-104.003	-21.821	-0.297	22.708
Frame 30	-45.72	82.056	-103.836	-21.738	-0.258	23.215
Frame 29	-47.549	82.056	-103.803	-21.789	-0.218	23.650
Frame 28	-49.378	82.063	-103.901	-21.963	-0.178	24.012
Frame 27	-51.206	52.95	-104.127	-51.387	-0.085	24.254
Frame 26	-53.035	52.943	-104.479	-51.243	0.009	24.323
Frame 25	-54.864	80.273	-104.947	-24.465	0.064	24.249
Frame 24	-56.693	80.273	-105.525	-25.127	0.109	24.091
Frame 23	-58.522	80.28	-106.203	-25.881	0.156	23.849
Frame 22	-60.35	52.95	-106.969	-54.061	0.229	23.508
Frame 21	-62.179	52.943	-107.809	-54.992	0.165	23.123

Frame 20	-64.008	80.343	-108.711	-28.578	0.250	22.734
Frame 19	-65.837	80.343	-109.659	-29.609	0.303	22.228
Frame 18	-67.666	80.35	-110.635	-30.076	0.358	21.623
Frame 17	-69.494	52.95	-111.625	-58.550	0.416	20.919
Frame 16	-71.323	52.943	-112.610	-59.626	0.524	20.060
Frame 15	-73.152	52.943	-113.573	-60.672	0.634	19.002
Frame 14	-74.981	80.523	-114.496	-34.099	0.702	17.775
Frame 13	-76.81	80.51	-115.363	-35.062	0.766	16.433
Frame 12	-78.638	83.267	-116.157	-32.660	0.831	14.974
Frame 11	-80.467	55.32	-116.864	-61.405	0.920	13.384
Frame 10	-82.296	54.83	-117.469	-62.593	0.865	11.746
Frame 09	-84.125	82.36	-117.962	-35.648	0.960	10.067
Frame 08	-85.954	81.506	-118.330	-36.962	1.027	8.250
Frame 07	-87.782	80.666	-118.567	-38.131	1.095	6.311
Frame 06	-89.611	202.628	-113.886	88.973	0.884	4.506
Frame 05	-91.44	180.788	-92.727	88.199	0.721	3.039
Frame 04	-93.269	153.428	-66.249	87.224	0.560	1.869
Frame 03	-95.098	126.174	-39.724	86.403	0.402	0.990
Frame 02	-96.926	98.665	-13.329	85.198	0.245	0.400
Frame 01	-98.755	70.556	0.000	70.326	0.102	0.086
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0.000	0.000

SKENARIO 2			STILLWATER			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.530	0.000	2.530	0.000	0.000
Frame 54	-1.829	8.609	0.000	8.609	-0.012	0.010
Frame 53	-3.658	12.172	0.000	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	80.669	-12.847	67.823	-0.045	0.120
Frame 51	-7.315	110.954	-41.280	69.674	-0.171	0.317
Frame 50	-9.144	138.236	-66.998	71.238	-0.301	0.748
Frame 49	-10.973	157.106	-84.474	72.632	-0.434	1.418
Frame 48	-12.802	168.159	-95.637	72.522	-0.568	2.334
Frame 47	-14.63	81.150	-95.951	-14.801	-0.740	3.517
Frame 46	-16.459	81.922	-96.265	-14.343	-0.713	4.845
Frame 45	-18.288	82.511	-96.580	-14.069	-0.687	6.125
Frame 44	-20.117	52.783	-96.894	-44.110	-0.641	7.351
Frame 43	-21.946	174.589	-97.208	77.381	-0.714	8.547
Frame 42	-23.774	82.965	-97.522	-14.557	-0.669	9.825
Frame 41	-25.603	83.247	-97.836	-14.589	-0.643	11.024
Frame 40	-27.432	82.539	-98.150	-15.611	-0.616	12.176
Frame 39	-29.261	81.822	-98.465	-16.642	-0.586	13.275
Frame 38	-31.09	52.521	-98.779	-46.257	-0.506	14.277
Frame 37	-32.918	52.800	-99.093	-46.293	-0.421	15.125
Frame 36	-34.747	82.362	-99.407	-17.045	-0.375	15.843
Frame 35	-36.576	82.651	-99.721	-17.070	-0.344	16.502
Frame 34	-38.405	82.930	-100.035	-17.105	-0.313	17.103
Frame 33	-40.234	53.926	-100.349	-46.423	-0.258	17.637
Frame 32	-42.062	170.995	-100.664	70.332	-0.333	18.141
Frame 31	-43.891	81.638	-100.978	-19.340	-0.270	18.694
Frame 30	-45.72	81.917	-101.292	-19.375	-0.235	19.155
Frame 29	-47.549	82.196	-101.606	-19.411	-0.199	19.552
Frame 28	-49.378	82.481	-101.920	-19.439	-0.164	19.885
Frame 27	-51.206	53.647	-102.234	-48.587	-0.076	20.105
Frame 26	-53.035	51.966	-102.549	-50.582	0.013	20.164
Frame 25	-54.864	79.575	-102.863	-23.287	0.066	20.084
Frame 24	-56.693	79.854	-103.177	-23.323	0.108	19.925
Frame 23	-58.522	80.140	-103.491	-23.351	0.151	19.688
Frame 22	-60.35	53.089	-103.805	-50.716	0.219	19.361
Frame 21	-62.179	53.361	-104.119	-50.758	0.148	19.000

Frame 20	-64.008	81.040	-104.434	-23.393	0.225	18.649
Frame 19	-65.837	81.319	-104.748	-23.429	0.267	18.200
Frame 18	-67.666	79.652	-105.062	-25.410	0.314	17.668
Frame 17	-69.494	52.531	-105.376	-52.845	0.362	17.052
Frame 16	-71.323	52.803	-105.690	-52.887	0.459	16.301
Frame 15	-73.152	53.082	-106.004	-52.922	0.556	15.373
Frame 14	-74.981	80.941	-106.318	-25.377	0.610	14.302
Frame 13	-76.81	81.207	-106.633	-25.426	0.656	13.144
Frame 12	-78.638	82.500	-106.947	-24.447	0.703	11.902
Frame 11	-80.467	54.860	-107.261	-52.401	0.776	10.561
Frame 10	-82.296	54.677	-107.575	-52.899	0.704	9.201
Frame 09	-84.125	82.514	-107.889	-25.376	0.781	7.833
Frame 08	-85.954	81.967	-108.203	-26.237	0.828	6.362
Frame 07	-87.782	81.433	-108.469	-27.036	0.877	4.803
Frame 06	-89.611	177.643	-103.810	73.834	0.694	3.371
Frame 05	-91.44	156.110	-82.912	73.198	0.558	2.228
Frame 04	-93.269	129.056	-57.008	72.048	0.425	1.329
Frame 03	-95.098	102.109	-31.230	70.879	0.295	0.671
Frame 02	-96.926	74.907	-6.004	68.903	0.167	0.251
Frame 01	-98.755	47.108	0.000	47.108	0.061	0.048
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0.000	0.000

SKENARIO 2			HOGGING			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.530	0.000	2.53	0.000	0.000
Frame 54	-1.829	8.609	0.000	8.609	-0.012	0.010
Frame 53	-3.658	12.172	0.000	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	80.669	-2.490	77.895	-0.055	0.127
Frame 51	-7.315	110.954	-31.192	79.591	-0.199	0.358
Frame 50	-9.144	138.236	-57.645	80.535	-0.346	0.856
Frame 49	-10.973	157.106	-75.891	81.272	-0.495	1.624
Frame 48	-12.802	168.159	-87.800	80.53	-0.644	2.666
Frame 47	-14.63	81.150	-89.081	-8.293	-0.830	4.002
Frame 46	-16.459	81.922	-90.438	-8.774	-0.815	5.506
Frame 45	-18.288	82.511	-91.859	-9.503	-0.798	6.980
Frame 44	-20.117	52.783	-93.328	-40.596	-0.759	8.416
Frame 43	-21.946	174.589	-94.828	79.813	-0.837	9.833
Frame 42	-23.774	82.965	-96.345	-13.225	-0.797	11.340
Frame 41	-25.603	83.247	-97.859	-14.353	-0.771	12.774
Frame 40	-27.432	82.539	-99.352	-16.813	-0.744	14.160
Frame 39	-29.261	81.822	-100.808	-19.245	-0.710	15.490
Frame 38	-31.09	52.521	-102.211	-49.845	-0.624	16.713
Frame 37	-32.918	52.800	-103.543	-50.794	-0.532	17.772
Frame 36	-34.747	82.362	-104.789	-22.375	-0.478	18.686
Frame 35	-36.576	82.651	-105.935	-23.129	-0.436	19.522
Frame 34	-38.405	82.930	-106.970	-23.781	-0.393	20.279
Frame 33	-40.234	53.926	-107.882	-53.594	-0.325	20.949
Frame 32	-42.062	170.995	-108.662	62.074	-0.386	21.563
Frame 31	-43.891	81.638	-109.306	-27.824	-0.308	22.197
Frame 30	-45.72	81.917	-109.809	-27.944	-0.257	22.713
Frame 29	-47.549	82.196	-110.170	-27.923	-0.205	23.136
Frame 28	-49.378	82.481	-110.390	-27.753	-0.155	23.465
Frame 27	-51.206	53.647	-110.473	-56.567	-0.052	23.654
Frame 26	-53.035	51.966	-110.424	-58.82	0.051	23.656
Frame 25	-54.864	79.575	-110.254	-30.938	0.119	23.493
Frame 24	-56.693	79.854	-109.971	-30.272	0.175	23.224
Frame 23	-58.522	80.140	-109.589	-29.501	0.229	22.855
Frame 22	-60.35	53.089	-109.121	-55.98	0.308	22.375
Frame 21	-62.179	53.361	-108.583	-55.066	0.245	21.844

Frame 20	-64.008	81.040	-107.989	-26.691	0.329	21.308
Frame 19	-65.837	81.319	-107.359	-25.678	0.377	20.663
Frame 18	-67.666	79.652	-106.709	-27.315	0.428	19.927
Frame 17	-69.494	52.531	-106.056	-53.68	0.479	19.099
Frame 16	-71.323	52.803	-105.417	-52.666	0.576	18.134
Frame 15	-73.152	53.082	-104.811	-51.677	0.671	16.994
Frame 14	-74.981	80.941	-104.251	-23.155	0.722	15.714
Frame 13	-76.81	81.207	-103.755	-22.289	0.764	14.355
Frame 12	-78.638	82.500	-103.335	-21.12	0.804	12.922
Frame 11	-80.467	54.860	-103.005	-48.316	0.871	11.402
Frame 10	-82.296	54.677	-102.776	-48.156	0.790	9.877
Frame 09	-84.125	82.514	-102.657	-20.087	0.858	8.360
Frame 08	-85.954	81.967	-102.657	-20.52	0.895	6.756
Frame 07	-87.782	81.433	-102.646	-20.928	0.933	5.085
Frame 06	-89.611	177.643	-97.644	79.716	0.740	3.560
Frame 05	-91.44	156.110	-76.811	79.129	0.593	2.342
Frame 04	-93.269	129.056	-51.209	77.791	0.450	1.388
Frame 03	-95.098	102.109	-25.881	76.286	0.309	0.695
Frame 02	-96.926	74.907	-1.413	73.666	0.172	0.255
Frame 01	-98.755	47.108	0.000	47.393	0.061	0.049
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0.000	0.000



SKENARIO 2			SAGGING			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.530	0.000	2.530	0.000	0.000
Frame 54	-1.829	8.609	0.000	8.609	-0.012	0.010
Frame 53	-3.658	12.172	0.000	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	80.669	-23.400	57.536	-0.035	0.114
Frame 51	-7.315	110.954	-51.638	59.477	-0.143	0.276
Frame 50	-9.144	138.236	-76.660	61.630	-0.254	0.638
Frame 49	-10.973	157.106	-93.264	63.789	-0.370	1.207
Frame 48	-12.802	168.159	-103.299	64.700	-0.489	1.992
Frame 47	-14.63	81.150	-102.619	-21.129	-0.647	3.018
Frame 46	-16.459	81.922	-101.866	-19.701	-0.610	4.167
Frame 45	-18.288	82.511	-101.055	-18.398	-0.575	5.250
Frame 44	-20.117	52.783	-100.204	-47.372	-0.521	6.264
Frame 43	-21.946	174.589	-99.331	75.210	-0.590	7.237
Frame 42	-23.774	82.965	-98.451	-15.632	-0.542	8.285
Frame 41	-25.603	83.247	-97.584	-14.580	-0.515	9.252
Frame 40	-27.432	82.539	-96.745	-14.205	-0.489	10.170
Frame 39	-29.261	81.822	-95.951	-13.886	-0.463	11.040
Frame 38	-31.09	52.521	-95.217	-42.550	-0.389	11.822
Frame 37	-32.918	52.800	-94.557	-41.708	-0.312	12.463
Frame 36	-34.747	82.362	-93.985	-11.671	-0.275	12.990
Frame 35	-36.576	82.651	-93.511	-11.006	-0.254	13.474
Frame 34	-38.405	82.930	-93.147	-10.460	-0.235	13.921
Frame 33	-40.234	53.926	-92.900	-39.315	-0.192	14.324
Frame 32	-42.062	170.995	-92.777	78.461	-0.282	14.722
Frame 31	-43.891	81.638	-92.783	-10.999	-0.234	15.194
Frame 30	-45.72	81.917	-92.920	-10.955	-0.214	15.605
Frame 29	-47.549	82.196	-93.190	-11.043	-0.194	15.978
Frame 28	-49.378	82.481	-93.591	-11.256	-0.174	16.314
Frame 27	-51.206	53.647	-94.122	-40.718	-0.101	16.566
Frame 26	-53.035	51.966	-94.776	-42.469	-0.026	16.683
Frame 25	-54.864	79.575	-95.548	-15.729	0.013	16.687
Frame 24	-56.693	79.854	-96.429	-16.429	0.042	16.636
Frame 23	-58.522	80.140	-97.409	-17.220	0.073	16.531
Frame 22	-60.35	53.089	-98.478	-45.437	0.131	16.357
Frame 21	-62.179	53.361	-99.620	-46.405	0.051	16.166

Frame 20	-64.008	81.040	-100.824	-20.027	0.120	16.000
Frame 19	-65.837	81.319	-102.073	-21.094	0.158	15.746
Frame 18	-67.666	79.652	-103.350	-23.454	0.200	15.419
Frame 17	-69.494	52.531	-104.639	-51.962	0.246	15.013
Frame 16	-71.323	52.803	-105.924	-53.072	0.342	14.476
Frame 15	-73.152	53.082	-107.185	-54.151	0.440	13.762
Frame 14	-74.981	80.941	-108.406	-27.610	0.497	12.901
Frame 13	-76.81	81.207	-109.569	-28.606	0.548	11.945
Frame 12	-78.638	82.500	-110.660	-27.893	0.601	10.895
Frame 11	-80.467	54.860	-111.662	-56.642	0.682	9.733
Frame 10	-82.296	54.677	-112.562	-57.832	0.618	8.537
Frame 09	-84.125	82.514	-113.349	-30.889	0.705	7.318
Frame 08	-85.954	81.967	-114.012	-32.206	0.763	5.976
Frame 07	-87.782	81.433	-114.376	-33.210	0.823	4.528
Frame 06	-89.611	177.643	-109.416	68.494	0.650	3.187
Frame 05	-91.44	156.110	-88.449	67.821	0.524	2.116
Frame 04	-93.269	129.056	-62.481	66.628	0.401	1.271
Frame 03	-95.098	102.109	-36.501	65.554	0.280	0.649
Frame 02	-96.926	74.907	-10.778	63.968	0.161	0.246
Frame 01	-98.755	47.108	0.000	46.840	0.060	0.048
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0.000	0.000

SKENARIO 3			STILLWATER			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.530	0.000	2.530	0.000	0.000
Frame 54	-1.829	8.609	0.000	8.609	-0.012	0.010
Frame 53	-3.658	12.172	0.000	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	37.127	-1.848	35.279	-0.055	0.127
Frame 51	-7.315	67.538	-30.394	37.145	-0.121	0.288
Frame 50	-9.144	95.006	-56.435	38.571	-0.191	0.574
Frame 49	-10.973	114.062	-74.044	40.018	-0.264	0.989
Frame 48	-12.802	125.301	-85.009	40.292	-0.339	1.541
Frame 47	-14.63	80.559	-85.513	-4.954	-0.452	2.251
Frame 46	-16.459	81.500	-86.018	-4.518	-0.443	3.069
Frame 45	-18.288	82.258	-86.523	-4.265	-0.435	3.872
Frame 44	-20.117	52.699	-87.027	-34.328	-0.407	4.653
Frame 43	-21.946	174.674	-87.532	87.141	-0.497	5.439
Frame 42	-23.774	83.218	-88.037	-4.819	-0.471	6.337
Frame 41	-25.603	83.669	-88.541	-4.873	-0.462	7.190
Frame 40	-27.432	82.539	-89.046	-6.507	-0.453	8.028
Frame 39	-29.261	81.400	-89.551	-8.150	-0.438	8.843
Frame 38	-31.09	52.268	-90.055	-37.787	-0.374	9.589
Frame 37	-32.918	52.716	-90.560	-37.844	-0.305	10.210
Frame 36	-34.747	82.447	-91.065	-8.618	-0.275	10.731
Frame 35	-36.576	82.904	-91.569	-8.665	-0.259	11.219
Frame 34	-38.405	83.352	-92.074	-8.722	-0.243	11.678
Frame 33	-40.234	54.516	-92.579	-38.062	-0.203	12.098
Frame 32	-42.062	170.574	-93.083	77.490	-0.292	12.514
Frame 31	-43.891	81.385	-93.588	-12.203	-0.242	13.002
Frame 30	-45.72	81.832	-94.093	-12.260	-0.219	13.424
Frame 29	-47.549	82.280	-94.597	-12.317	-0.197	13.804
Frame 28	-49.378	82.734	-95.102	-12.367	-0.174	14.144
Frame 27	-51.206	54.069	-95.607	-41.538	-0.100	14.395
Frame 26	-53.035	51.376	-96.111	-44.735	-0.024	14.508
Frame 25	-54.864	79.154	-96.616	-17.462	0.019	14.505
Frame 24	-56.693	79.601	-97.120	-17.519	0.051	14.440
Frame 23	-58.522	80.056	-97.625	-17.569	0.083	14.318
Frame 22	-60.35	53.173	-98.130	-44.956	0.141	14.125
Frame 21	-62.179	53.614	-98.634	-45.020	0.059	13.918

Frame 20	-64.008	81.462	-99.139	-17.677	0.125	13.740
Frame 19	-65.837	81.910	-99.644	-17.734	0.157	13.483
Frame 18	-67.666	79.230	-100.148	-20.918	0.196	13.160
Frame 17	-69.494	52.278	-100.653	-48.375	0.236	12.766
Frame 16	-71.323	52.719	-101.158	-48.439	0.324	12.253
Frame 15	-73.152	53.167	-101.662	-48.496	0.413	11.580
Frame 14	-74.981	81.194	-102.167	-20.973	0.459	10.778
Frame 13	-76.81	81.629	-102.672	-21.043	0.497	9.904
Frame 12	-78.638	82.036	-103.176	-21.141	0.536	8.960
Frame 11	-80.467	54.581	-103.681	-49.100	0.604	7.929
Frame 10	-82.296	54.584	-104.186	-49.602	0.525	6.889
Frame 09	-84.125	82.606	-104.690	-22.084	0.596	5.855
Frame 08	-85.954	82.245	-105.195	-22.950	0.637	4.727
Frame 07	-87.782	81.897	-105.395	-23.498	0.680	3.524
Frame 06	-89.611	159.340	-100.109	59.230	0.525	2.427
Frame 05	-91.44	137.992	-79.402	58.590	0.416	1.569
Frame 04	-93.269	111.124	-54.003	57.121	0.310	0.905
Frame 03	-95.098	84.362	-28.734	55.628	0.207	0.432
Frame 02	-96.926	57.346	-4.119	53.227	0.108	0.144
Frame 01	-98.755	29.860	0.000	29.860	0.032	0.023
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0.000	0.000

SKENARIO 3			HOGGING			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.530	0.000	2.530	0.000	0.000
Frame 54	-1.829	8.609	0.000	8.609	-0.012	0.010
Frame 53	-3.658	12.172	0.000	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	37.127	0.000	36.824	-0.057	0.128
Frame 51	-7.315	67.538	-19.592	47.762	-0.134	0.300
Frame 50	-9.144	95.006	-46.154	48.791	-0.223	0.626
Frame 49	-10.973	114.062	-64.617	49.507	-0.315	1.118
Frame 48	-12.802	125.301	-76.762	48.723	-0.406	1.776
Frame 47	-14.63	80.559	-78.242	1.925	-0.533	2.623
Frame 46	-16.459	81.500	-79.799	1.421	-0.537	3.601
Frame 45	-18.288	82.258	-81.419	0.671	-0.538	4.584
Frame 44	-20.117	52.699	-83.088	-30.445	-0.518	5.562
Frame 43	-21.946	174.674	-84.787	89.942	-0.615	6.555
Frame 42	-23.774	83.218	-86.503	-3.118	-0.593	7.673
Frame 41	-25.603	83.669	-88.217	-4.269	-0.586	8.751
Frame 40	-27.432	82.539	-89.910	-7.371	-0.577	9.815
Frame 39	-29.261	81.400	-91.566	-10.446	-0.559	10.854
Frame 38	-31.09	52.268	-93.169	-41.069	-0.490	11.816
Frame 37	-32.918	52.716	-94.701	-42.041	-0.414	12.642
Frame 36	-34.747	82.447	-96.147	-13.644	-0.375	13.354
Frame 35	-36.576	82.904	-97.493	-14.421	-0.349	14.016
Frame 34	-38.405	83.352	-98.728	-15.096	-0.322	14.630
Frame 33	-40.234	54.516	-99.840	-44.932	-0.270	15.184
Frame 32	-42.062	170.574	-100.821	69.473	-0.345	15.709
Frame 31	-43.891	81.385	-101.665	-20.448	-0.279	16.280
Frame 30	-45.72	81.832	-102.368	-20.592	-0.242	16.757
Frame 29	-47.549	82.280	-102.929	-20.593	-0.204	17.165
Frame 28	-49.378	82.734	-103.349	-20.447	-0.167	17.505
Frame 27	-51.206	54.069	-103.632	-49.284	-0.078	17.728
Frame 26	-53.035	51.376	-103.784	-52.800	0.012	17.789
Frame 25	-54.864	79.154	-103.814	-24.941	0.069	17.708
Frame 24	-56.693	79.601	-103.732	-24.298	0.114	17.540
Frame 23	-58.522	80.056	-103.550	-23.550	0.158	17.292
Frame 22	-60.35	53.173	-103.281	-50.052	0.225	16.953
Frame 21	-62.179	53.614	-102.943	-49.161	0.152	16.583

Frame 20	-64.008	81.462	-102.550	-20.808	0.225	16.228
Frame 19	-65.837	81.910	-102.120	-19.818	0.262	15.783
Frame 18	-67.666	79.230	-101.669	-22.718	0.304	15.265
Frame 17	-69.494	52.278	-101.216	-49.106	0.347	14.670
Frame 16	-71.323	52.719	-100.777	-48.114	0.436	13.954
Frame 15	-73.152	53.167	-100.370	-47.147	0.523	13.077
Frame 14	-74.981	81.194	-100.010	-18.648	0.565	12.076
Frame 13	-76.81	81.629	-99.713	-17.804	0.599	11.011
Frame 12	-78.638	82.036	-99.493	-17.765	0.631	9.888
Frame 11	-80.467	54.581	-99.362	-44.966	0.692	8.690
Frame 10	-82.296	54.584	-99.332	-44.810	0.605	7.497
Frame 09	-84.125	82.606	-99.413	-16.745	0.667	6.325
Frame 08	-85.954	82.245	-99.612	-17.183	0.698	5.077
Frame 07	-87.782	81.897	-99.808	-17.603	0.730	3.773
Frame 06	-89.611	159.340	-95.031	64.020	0.565	2.593
Frame 05	-91.44	137.992	-74.404	63.423	0.447	1.669
Frame 04	-93.269	111.124	-49.000	62.082	0.332	0.957
Frame 03	-95.098	84.362	-23.890	60.554	0.220	0.452
Frame 02	-96.926	57.346	0.000	57.551	0.112	0.148
Frame 01	-98.755	29.860	0.000	30.182	0.032	0.023
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0.000	0.000

SKENARIO 3			SAGGING			
Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Net Load t/m	Shear x10 <sup>3</sup> tonne	Moment x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.530	0	2.53	0	0
Frame 54	-1.829	8.609	0	8.609	-0.012	0.01
Frame 53	-3.658	12.172	0	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	37.127	-12.434	24.982	-0.045	0.12
Frame 51	-7.315	67.538	-40.6	27.114	-0.093	0.246
Frame 50	-9.144	95.006	-65.823	29.242	-0.146	0.464
Frame 49	-10.973	114.062	-82.625	31.378	-0.202	0.781
Frame 48	-12.802	125.301	-92.878	32.247	-0.261	1.205
Frame 47	-14.63	80.559	-92.378	-11.446	-0.361	1.761
Frame 46	-16.459	81.500	-91.805	-10.038	-0.341	2.403
Frame 45	-18.288	82.258	-91.175	-8.757	-0.324	3.01
Frame 44	-20.117	52.699	-90.503	-37.751	-0.288	3.581
Frame 43	-21.946	174.674	-89.81	84.81	-0.374	4.144
Frame 42	-23.774	83.218	-89.11	-6.052	-0.344	4.813
Frame 41	-25.603	83.669	-88.422	-5.02	-0.334	5.433
Frame 40	-27.432	82.539	-87.763	-5.223	-0.326	6.036
Frame 39	-29.261	81.400	-87.148	-5.482	-0.315	6.622
Frame 38	-31.09	52.268	-86.594	-34.166	-0.256	7.147
Frame 37	-32.918	52.716	-86.113	-33.344	-0.195	7.56
Frame 36	-34.747	82.447	-85.72	-3.327	-0.173	7.886
Frame 35	-36.576	82.904	-85.426	-2.682	-0.168	8.198
Frame 34	-38.405	83.352	-85.241	-2.156	-0.163	8.5
Frame 33	-40.234	54.516	-85.173	-31.029	-0.136	8.786
Frame 32	-42.062	170.574	-85.229	85.611	-0.239	9.092
Frame 31	-43.891	81.385	-85.414	-3.87	-0.204	9.498
Frame 30	-45.72	81.832	-85.73	-3.845	-0.197	9.865
Frame 29	-47.549	82.280	-86.179	-3.952	-0.19	10.218
Frame 28	-49.378	82.734	-86.759	-4.185	-0.182	10.559
Frame 27	-51.206	54.069	-87.468	-33.666	-0.122	10.838
Frame 26	-53.035	51.376	-88.302	-36.553	-0.06	11.006
Frame 25	-54.864	79.154	-89.252	-9.832	-0.032	11.084
Frame 24	-56.693	79.601	-90.313	-10.552	-0.014	11.126
Frame 23	-58.522	80.056	-91.472	-11.363	0.006	11.133
Frame 22	-60.35	53.173	-92.72	-39.6	0.053	11.09
Frame 21	-62.179	53.614	-94.041	-40.587	-0.038	11.051

Frame 20	-64.008	81.462	-95.425	-14.229	0.022	11.056
Frame 19	-65.837	81.910	-96.852	-15.316	0.049	10.992
Frame 18	-67.666	79.230	-98.309	-18.812	0.082	10.873
Frame 17	-69.494	52.278	-99.778	-47.34	0.119	10.69
Frame 16	-71.323	52.719	-101.242	-48.47	0.207	10.392
Frame 15	-73.152	53.167	-102.682	-49.569	0.297	9.933
Frame 14	-74.981	81.194	-104.083	-23.048	0.345	9.34
Frame 13	-76.81	81.629	-105.426	-24.063	0.388	8.67
Frame 12	-78.638	82.036	-106.696	-24.368	0.433	7.919
Frame 11	-80.467	54.581	-107.878	-53.121	0.508	7.07
Frame 10	-82.296	54.584	-108.958	-54.316	0.437	6.199
Frame 09	-84.125	82.606	-109.924	-27.377	0.517	5.317
Frame 08	-85.954	82.245	-110.767	-28.697	0.569	4.324
Frame 07	-87.782	81.897	-111.318	-29.714	0.622	3.237
Frame 06	-89.611	159.340	-106.563	53.05	0.477	2.236
Frame 05	-91.44	137.992	-85.784	52.364	0.38	1.454
Frame 04	-93.269	111.124	-59.998	51.165	0.285	0.846
Frame 03	-95.098	84.362	-34.2	50.084	0.193	0.409
Frame 02	-96.926	57.346	-8.73	48.421	0.102	0.14
Frame 01	-98.755	29.860	0	29.555	0.031	0.023
Frame 00	-100.584	4.205	0	4.205	0	0



SKENARIO 4			STILLWATER			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.530	0.000	2.530	0.000	0.000
Frame 54	-1.829	8.609	0.000	8.609	-0.012	0.010
Frame 53	-3.658	12.172	0.000	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	15.443	0.000	15.443	-0.057	0.128
Frame 51	-7.315	17.828	-13.211	4.618	-0.075	0.251
Frame 50	-9.144	21.185	-39.028	-17.843	-0.062	0.382
Frame 49	-10.973	33.083	-56.678	-23.595	-0.022	0.460
Frame 48	-12.802	44.071	-67.743	-23.672	0.020	0.462
Frame 47	-14.63	65.828	-68.246	-2.418	0.024	0.411
Frame 46	-16.459	66.751	-68.749	-1.997	0.028	0.364
Frame 45	-18.288	67.492	-69.252	-1.760	0.031	0.310
Frame 44	-20.117	37.917	-69.755	-31.838	0.055	0.243
Frame 43	-21.946	159.875	-70.258	89.617	-0.040	0.187
Frame 42	-23.774	68.404	-70.761	-2.357	-0.019	0.254
Frame 41	-25.603	68.840	-71.264	-2.424	-0.014	0.284
Frame 40	-27.432	75.119	-71.767	3.352	-0.010	0.305
Frame 39	-29.261	81.402	-72.270	9.132	-0.026	0.339
Frame 38	-31.09	52.269	-72.773	-20.504	0.006	0.360
Frame 37	-32.918	52.716	-73.276	-20.560	0.044	0.315
Frame 36	-34.747	82.446	-73.779	8.667	0.043	0.226
Frame 35	-36.576	82.903	-74.282	8.621	0.027	0.163
Frame 34	-38.405	83.350	-74.785	8.564	0.011	0.128
Frame 33	-40.234	54.513	-75.288	-20.775	0.019	0.112
Frame 32	-42.062	170.576	-75.791	94.785	-0.101	0.150
Frame 31	-43.891	81.386	-76.294	5.092	-0.082	0.319
Frame 30	-45.72	81.833	-76.797	5.035	-0.092	0.478
Frame 29	-47.549	82.279	-77.300	4.979	-0.101	0.655
Frame 28	-49.378	82.733	-77.803	4.930	-0.110	0.847
Frame 27	-51.206	54.067	-78.306	-24.240	-0.067	1.010
Frame 26	-53.035	51.379	-78.809	-27.430	-0.023	1.092
Frame 25	-54.864	79.156	-79.312	-0.157	-0.012	1.116
Frame 24	-56.693	79.603	-79.815	-0.213	-0.011	1.137
Frame 23	-58.522	80.056	-80.318	-0.262	-0.011	1.158
Frame 22	-60.35	53.173	-80.821	-27.648	0.015	1.165
Frame 21	-62.179	53.613	-81.324	-27.711	-0.099	1.216

Frame 20	-64.008	81.460	-81.827	-0.368	-0.064	1.355
Frame 19	-65.837	81.906	-82.330	-0.424	-0.063	1.471
Frame 18	-67.666	79.233	-82.833	-3.601	-0.057	1.581
Frame 17	-69.494	52.279	-83.336	-31.057	-0.048	1.678
Frame 16	-71.323	52.719	-83.839	-31.120	0.009	1.713
Frame 15	-73.152	53.166	-84.342	-31.176	0.066	1.646
Frame 14	-74.981	81.193	-84.845	-3.653	0.080	1.508
Frame 13	-76.81	81.627	-85.348	-3.722	0.087	1.356
Frame 12	-78.638	82.038	-85.851	-3.813	0.093	1.191
Frame 11	-80.467	54.583	-86.355	-31.772	0.130	0.998
Frame 10	-82.296	54.584	-86.858	-32.273	0.019	0.855
Frame 09	-84.125	82.606	-87.361	-4.755	0.059	0.774
Frame 08	-85.954	82.244	-87.864	-5.620	0.068	0.658
Frame 07	-87.782	81.895	-88.113	-6.218	0.079	0.524
Frame 06	-89.611	79.799	-83.002	-3.203	0.038	0.421
Frame 05	-91.44	58.457	-62.371	-3.914	0.043	0.347
Frame 04	-93.269	31.899	-37.006	-5.107	0.052	0.261
Frame 03	-95.098	16.780	-12.140	4.641	0.057	0.159
Frame 02	-96.926	13.802	0.000	13.802	0.041	0.068
Frame 01	-98.755	11.229	0.000	11.229	0.018	0.015
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0.000	0.000

SKENARIO 4			HOGGING			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.530	0.000	2.530	0.000	0.000
Frame 54	-1.829	8.609	0.000	8.609	-0.012	0.010
Frame 53	-3.658	12.172	0.000	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	15.443	0.000	15.443	-0.057	0.128
Frame 51	-7.315	17.828	-2.565	15.263	-0.085	0.257
Frame 50	-9.144	21.185	-28.939	-7.786	-0.091	0.423
Frame 49	-10.973	33.083	-47.470	-14.464	-0.068	0.570
Frame 48	-12.802	44.071	-59.262	-15.142	-0.042	0.671
Frame 47	-14.63	65.828	-60.754	4.672	-0.053	0.747
Frame 46	-16.459	66.751	-62.322	4.142	-0.061	0.851
Frame 45	-18.288	67.492	-63.953	3.367	-0.068	0.970
Frame 44	-20.117	37.917	-65.632	-27.773	-0.052	1.091
Frame 43	-21.946	159.875	-67.341	92.591	-0.154	1.239
Frame 42	-23.774	68.404	-69.066	-0.490	-0.137	1.518
Frame 41	-25.603	68.840	-70.788	-1.660	-0.135	1.767
Frame 40	-27.432	75.119	-72.488	2.625	-0.131	2.010
Frame 39	-29.261	81.402	-74.151	6.954	-0.145	2.263
Frame 38	-31.09	52.269	-75.758	-23.668	-0.107	2.495
Frame 37	-32.918	52.716	-77.294	-24.637	-0.063	2.651
Frame 36	-34.747	82.446	-78.743	3.763	-0.056	2.752
Frame 35	-36.576	82.903	-80.091	2.991	-0.062	2.859
Frame 34	-38.405	83.350	-81.327	2.321	-0.067	2.977
Frame 33	-40.234	54.513	-82.439	-27.508	-0.047	3.093
Frame 32	-42.062	170.576	-83.419	86.859	-0.153	3.240
Frame 31	-43.891	81.386	-84.262	-3.055	-0.120	3.489
Frame 30	-45.72	81.833	-84.963	-3.190	-0.114	3.703
Frame 29	-47.549	82.279	-85.523	-3.184	-0.108	3.906
Frame 28	-49.378	82.733	-85.942	-3.030	-0.102	4.099
Frame 27	-51.206	54.067	-86.224	-31.859	-0.045	4.234
Frame 26	-53.035	51.379	-86.375	-35.413	0.013	4.264
Frame 25	-54.864	79.156	-86.405	-7.547	0.038	4.210
Frame 24	-56.693	79.603	-86.323	-6.899	0.051	4.129
Frame 23	-58.522	80.056	-86.143	-6.146	0.063	4.025
Frame 22	-60.35	53.173	-85.877	-32.645	0.099	3.888
Frame 21	-62.179	53.613	-85.543	-31.752	-0.007	3.779

Frame 20	-64.008	81.460	-85.155	-3.397	0.034	3.744
Frame 19	-65.837	81.906	-84.731	-2.407	0.040	3.676
Frame 18	-67.666	79.233	-84.288	-5.353	0.050	3.593
Frame 17	-69.494	52.279	-83.843	-31.742	0.061	3.491
Frame 16	-71.323	52.719	-83.413	-30.753	0.118	3.325
Frame 15	-73.152	53.166	-83.016	-29.790	0.174	3.059
Frame 14	-74.981	81.193	-82.668	-1.296	0.184	2.726
Frame 13	-76.81	81.627	-82.383	-0.458	0.186	2.387
Frame 12	-78.638	82.038	-82.175	-0.465	0.186	2.046
Frame 11	-80.467	54.583	-82.058	-27.671	0.216	1.690
Frame 10	-82.296	54.584	-82.041	-27.523	0.097	1.396
Frame 09	-84.125	82.606	-82.136	0.535	0.128	1.182
Frame 08	-85.954	82.244	-82.350	0.090	0.127	0.949
Frame 07	-87.782	81.895	-82.259	-0.037	0.127	0.717
Frame 06	-89.611	79.799	-76.575	3.136	0.075	0.536
Frame 05	-91.44	58.457	-56.102	2.397	0.069	0.405
Frame 04	-93.269	31.899	-31.248	0.818	0.067	0.281
Frame 03	-95.098	16.780	-7.212	9.670	0.062	0.162
Frame 02	-96.926	13.802	0.000	13.802	0.041	0.068
Frame 01	-98.755	11.229	0.000	11.229	0.018	0.015
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0.000	0.000

SKENARIO 4			SAGGING			
Name	Long. Pos.  m	Mass  t/m	Buoyancy  t/m	Net Load  t/m	Shear  x10 <sup>3</sup> tonne	Moment  x10 <sup>3</sup> tonne.m
Frame 55	0	2.530	0.000	2.530	0.000	0.000
Frame 54	-1.829	8.609	0.000	8.609	-0.012	0.010
Frame 53	-3.658	12.172	0.000	12.172	-0.031	0.049
Frame 52	-5.486	15.443	0.000	15.443	-0.057	0.128
Frame 51	-7.315	17.828	-23.987	-6.159	-0.065	0.245
Frame 50	-9.144	21.185	-49.294	-28.078	-0.033	0.339
Frame 49	-10.973	33.083	-66.067	-32.910	0.025	0.348
Frame 48	-12.802	44.071	-76.080	-32.056	0.083	0.249
Frame 47	-14.63	65.828	-75.570	-9.359	0.101	0.068
Frame 46	-16.459	66.751	-74.986	-7.961	0.117	-0.132
Frame 45	-18.288	67.492	-74.346	-6.689	0.131	-0.360
Frame 44	-20.117	37.917	-73.666	-35.694	0.163	-0.617
Frame 43	-21.946	159.875	-72.963	86.858	0.073	-0.875
Frame 42	-23.774	68.404	-72.255	-4.015	0.099	-1.021
Frame 41	-25.603	68.840	-71.559	-2.993	0.106	-1.209
Frame 40	-27.432	75.119	-70.892	4.234	0.110	-1.406
Frame 39	-29.261	81.402	-70.270	11.416	0.090	-1.590
Frame 38	-31.09	52.269	-69.708	-17.269	0.118	-1.777
Frame 37	-32.918	52.716	-69.220	-16.447	0.149	-2.021
Frame 36	-34.747	82.446	-68.821	13.568	0.139	-2.293
Frame 35	-36.576	82.903	-68.520	14.212	0.114	-2.525
Frame 34	-38.405	83.350	-68.329	14.737	0.087	-2.709
Frame 33	-40.234	54.513	-68.255	-14.138	0.084	-2.854
Frame 32	-42.062	170.576	-68.305	102.555	-0.050	-2.922
Frame 31	-43.891	81.386	-68.483	13.073	-0.046	-2.832
Frame 30	-45.72	81.833	-68.794	13.096	-0.070	-2.726
Frame 29	-47.549	82.279	-69.236	12.987	-0.094	-2.576
Frame 28	-49.378	82.733	-69.811	12.752	-0.118	-2.383
Frame 27	-51.206	54.067	-70.514	-16.731	-0.089	-2.193
Frame 26	-53.035	51.379	-71.342	-19.566	-0.057	-2.059
Frame 25	-54.864	79.156	-72.286	7.153	-0.061	-1.959
Frame 24	-56.693	79.603	-73.341	6.432	-0.073	-1.836
Frame 23	-58.522	80.056	-74.494	5.619	-0.084	-1.692
Frame 22	-60.35	53.173	-75.735	-22.619	-0.068	-1.542
Frame 21	-62.179	53.613	-77.050	-23.608	-0.190	-1.331

Frame 20	-64.008	81.460	-78.427	2.749	-0.162	-1.019
Frame 19	-65.837	81.906	-79.848	1.662	-0.166	-0.719
Frame 18	-67.666	79.233	-81.297	-1.781	-0.164	-0.417
Frame 17	-69.494	52.279	-82.758	-30.308	-0.157	-0.122
Frame 16	-71.323	52.719	-84.213	-31.437	-0.101	0.114
Frame 15	-73.152	53.166	-85.645	-32.535	-0.042	0.246
Frame 14	-74.981	81.193	-87.036	-6.013	-0.025	0.303
Frame 13	-76.81	81.627	-88.369	-7.026	-0.013	0.338
Frame 12	-78.638	82.038	-89.629	-7.279	0.001	0.350
Frame 11	-80.467	54.583	-90.800	-36.030	0.044	0.321
Frame 10	-82.296	54.584	-91.868	-37.222	-0.058	0.326
Frame 09	-84.125	82.606	-92.823	-10.280	-0.009	0.379
Frame 08	-85.954	82.244	-93.653	-11.596	0.011	0.377
Frame 07	-87.782	81.895	-94.039	-12.456	0.033	0.337
Frame 06	-89.611	79.799	-88.795	-8.880	0.003	0.309
Frame 05	-91.44	58.457	-68.061	-9.613	0.018	0.290
Frame 04	-93.269	31.899	-42.525	-10.754	0.037	0.240
Frame 03	-95.098	16.780	-17.215	-0.518	0.052	0.156
Frame 02	-96.926	13.802	0.000	13.802	0.041	0.068
Frame 01	-98.755	11.229	0.000	11.229	0.018	0.015
Frame 00	-100.584	4.205	0.000	4.205	0.000	0.000

**LAMPIRAN D**

**PERHITUNGAN KLASIFIKASI**





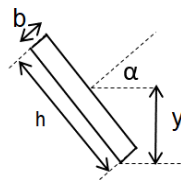
sisi atas

h =	1828.8	mm	72"
b =	20	mm	
Luas (A) =	36576	mm <sup>2</sup>	
Titik berat (y) =	914.4	mm	5154.6 from BL
Ixx =	61164388639	mm <sup>4</sup>	

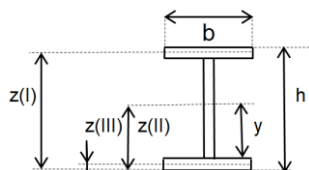
sisi bawah

h =	3048	mm	120"
b =	12	mm	
Luas (A) =	36576	mm <sup>2</sup>	
Titik berat (y) =	1524	mm	2716.2 from BL
Ixx =	1.69901E+11	mm <sup>4</sup>	

d. Pelat bilga



h =	1293.16	mm	4.24'
b =	12	mm	
$\alpha =$	45	°	
$\cos \alpha =$	0.71		
$\sin \alpha =$	0.71		
Luas (A) =	15517.88	mm <sup>2</sup>	
Titik berat (y) =	461.44	mm	461.44 from BL
Ixx =	1081336957	mm <sup>4</sup>	



$$I_o = 1/12 \cdot b(i) \cdot h(i)^3$$

d. Centre girder

No	b	h	A = b*h	z	A*z	I <sub>o</sub>	I <sub>o</sub> + (z-y) <sup>2</sup> *A
I	345	16	5520	625.6	3453312	117760	2160509747
II	609.6	14	8534.4	312.8	2669560.32	139395.2	835177863.3
III	345	16	5520	8	44160	117760	471040
$\Sigma 1 =$			19574.4	$\Sigma 2 =$	6167032.32	$\Sigma 3 =$	2996158650

Luas (A) =  $\Sigma 1$  = 19574.4 mm<sup>2</sup>

Titik berat (y) =  $\Sigma 2 / \Sigma 1$  = 315.06 mm

Momen Inersia (Ixx) =  $\Sigma 3$  = 2996158650 mm<sup>4</sup>

5753.94 | 315.06 from BL  
Deck | Bottom

d. Side Girder

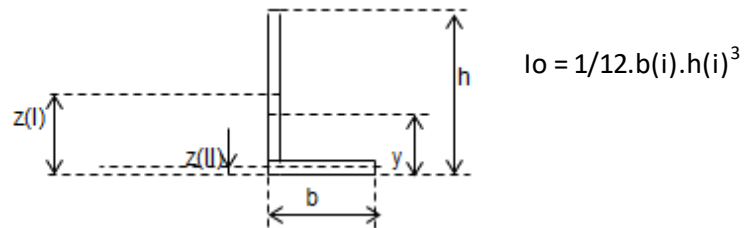
No	b	h	A = b*h	z	A*z	lo	lo+(z-y)^2*A
I	345	12	4140	621.6	2573424	49680	1599690038
II	609.6	10	6096	310.8	1894636.8	50800	588903917.4
III	345	12	4140	6	24840	49680	198720
$\Sigma 1 =$			14376	$\Sigma 2 =$	4492900.8	$\Sigma 3 =$	2188792676

Luas (A) =  $\Sigma 1$  = 14376 mm<sup>2</sup>

Titik berat (y) =  $\Sigma 2 / \Sigma 1$  = 312.53 mm      5756.47 | 312.53 from BL

Momen Inersia (I<sub>xx</sub>) =  $\Sigma 3$  = 2188792676 mm<sup>4</sup>      Deck | Bottom

e. Long plate stiffener



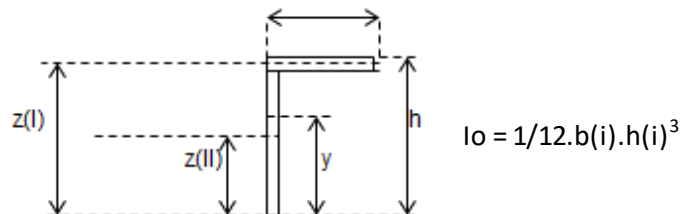
Geladak

No	b	h	A = b*h	z	A*z	lo	lo+(z-y)^2*A
I	12	150	1800	87	156600	3375000	16999200
II	90	12	1080	6	6480	12960	51840
$\Sigma 1 =$			2880	$\Sigma 2 =$	163080	$\Sigma 3 =$	17051040

Luas (A) =  $\Sigma 1$  = 2880 mm<sup>2</sup>

Titik berat (y) =  $\Sigma 2 / \Sigma 1$  = 56.625 mm      6012.375 from BL

Momen Inersia (I<sub>xx</sub>) =  $\Sigma 3$  = 17051040 mm<sup>4</sup>



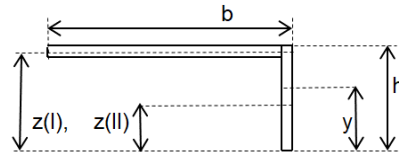
Alas

No	b	h	A = b*h	z	A*z	lo	lo+(z-y)^2*A
I	9	150	1350	84	113400	2531250	12056850
II	90	9	810	4.5	3645	5467.5	21870
$\Sigma 1 =$			2160	$\Sigma 2 =$	117045	$\Sigma 3 =$	12078720

Luas (A) =  $\Sigma 1$  = 2160 mm<sup>2</sup>

Titik berat (y) =  $\Sigma 2 / \Sigma 1$  = 54.1875 mm      54.1875 from BL

Momen Inersia (I<sub>xx</sub>) =  $\Sigma 3$  = 12078720 mm<sup>4</sup>



$$I_o = 1/12.b(i).h(i)^3$$

Sisi

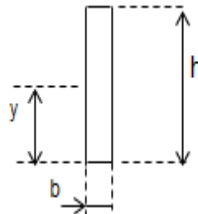
No	b	h	A = b*h	z	A*z	Io	Io+(z-y)^2*A
I	150	9	1350	94.5	127575	9112.5	12064950
II	9	90	810	45	36450	546750	2187000
$\Sigma 1 =$			2160	$\Sigma 2 =$	164025	$\Sigma 3 =$	14251950

Luas (A) =  $\Sigma 1$  = 2160 mm<sup>2</sup>

Titik berat (y) =  $\Sigma 2 / \Sigma 1$  = 75.9375 mm

Momen Inersia (Ixx) =  $\Sigma 3$  = 14251950 mm<sup>4</sup>

h. Bulkhead



$$I_{xx} = 1/12.b.h^3$$

off 5' from CL

h = 6064 mm

b = 10 mm

Luas (A) = 60640 mm<sup>2</sup>

Titik berat (y) = 3032 mm 3039 from BL

Ixx = 1E+12 mm<sup>4</sup>

off 30' from CL

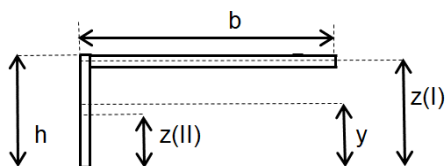
h = 6064 mm

b = 10 mm

Luas (A) = 60640 mm<sup>2</sup>

Titik berat (y) = 3032 mm 3039 from BL

Ixx = 1E+12 mm<sup>4</sup>



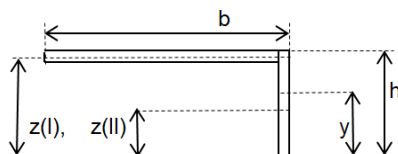
Stiffener off 5' from CL

No	b	h	A = b*h	z	A*z	lo	lo+(z-y)^2*A	
I	150	9	1350	94.5	127575	9112.5	12064950	
II	9	90	810	45	36450	546750	2187000	
Σ1 =			2160	Σ2 =	164025	Σ3 =		14251950

$$\text{Luas (A)} = \Sigma 1 = 2160 \text{ mm}^2$$

$$\text{Titik berat (y)} = \Sigma 2 / \Sigma 1 = 75.9375 \text{ mm}$$

$$\text{Momen Inersia (Ixx)} = \Sigma 3 = 14251950 \text{ mm}^4$$



Stiffener off 30' from CL

No	b	h	A = b*h	z	A*z	Io	Io+(z-y)^2*A
I	150	9	1350	94.5	127575	9112.5	12064950
II	9	90	810	45	36450	546750	2187000
Σ1 =			2160	Σ2 =	164025	Σ3 =	14251950

$$\text{Luas (A)} = \Sigma 1 = 2160 \text{ mm}^2$$

$$\text{Titik berat (y)} = \Sigma 2 / \Sigma 1 = 75.9375 \text{ mm}$$

$$\text{Momen Inersia (Ixx)} = \Sigma 3 = 14251950 \text{ mm}^4$$

**Tabel Perhitungan Modulus Penampang dan Inersia**

No.	Nama Bagian	Jumlah <1>	Luas (A) <2>	A Total <1>*<2> <3>	y terh. BL <4>	M <3>*<4> <5>	M*y <sup>2</sup> <3>*<4> <sup>2</sup> <6>	Moment Inersia (I <sub>o</sub> ) <7>
a	Pelat Geladak	2	301752.00	603504.00	6060.00	3657234240.00	22162839494400.00	48883824.00
b	Pelat Alas	2	221894.40	443788.80	7.00	3106521.60	21745651.20	21745651.20
c	Pelat Sisi Atas	2	36576.00	73152.00	185.00	13533120.00	2503627200.00	61164388638.72
	Pelat Sisi Bawah	2	36576.00	73152.00	2716.20	198695462.40	539696614970.88	169901079552.00
d	Pelat Bilga	2	15517.88	31035.77	461.44	14321225.43	6608424079.65	1081336956.63
d	Deck Girder							
	Centre Girder	1	19574.40	19574.40	5753.94	112630001.28	648066719201.24	2996158650.50
	Side girder	8	14376.00	115008.00	5756.47	662040345.60	3811016791894.19	2188792675.84
	Bottom Girder							
	Centre Girder	1	19574.40	19574.40	315.06	6167032.32	1942960583.00	2996158650.50
	Side girder	8	14376.00	115008.00	312.53	35943206.40	11233254089.39	2188792675.84
e	Longitudinal plate stiffeners							
f	Deck	56	2880.00	161280.00	6012.38	969675840.00	5830054778520.00	17051040.00
g	Bottom	54	2160.00	116640.00	54.19	6320430.00	342488300.63	12078720.00
	Side							
	1	2	2160.00	4320.00	5472.34	23640498.00	129368783724.08	14251950.00
	2	2	2160.00	4320.00	4862.74	21007026.00	102151653093.68	14251950.00
	3	2	2160.00	4320.00	4253.14	18373554.00	78145251525.68	14251950.00
	4	2	2160.00	4320.00	3643.54	15740082.00	57349579020.08	14251950.00
	5	2	2160.00	4320.00	3033.94	13106610.00	39764635576.88	14251950.00
	6	2	2160.00	4320.00	2424.34	10473138.00	25390421196.08	14251950.00
	7	2	2160.00	4320.00	1814.74	7839666.00	14226935877.68	14251950.00
	8	2	2160.00	4320.00	1205.14	5206194.00	6274179621.68	14251950.00
h	Bulkhead	4	60640.00	242560.00	3039.00	737139840.00	2240167973760.00	1114929950720.00
	Long. bhd stiffeners - 5' from CL							
	1	2	2160.00	4320.00	5472.34	23640498.00	129368783724.08	14251950.00
	2	2	2160.00	4320.00	4862.74	21007026.00	102151653093.68	14251950.00
	3	2	2160.00	4320.00	4253.14	18373554.00	78145251525.68	14251950.00
	4	2	2160.00	4320.00	3643.54	15740082.00	57349579020.08	14251950.00
	5	2	2160.00	4320.00	3033.94	13106610.00	39764635576.88	14251950.00
	6	2	2160.00	4320.00	2424.34	10473138.00	25390421196.08	14251950.00
	7	2	2160.00	4320.00	1814.74	7839666.00	14226935877.68	14251950.00
	8	2	2160.00	4320.00	1205.14	5206194.00	6274179621.68	14251950.00
	9	2	2160.00	4320.00	595.54	2572722.00	1532152428.08	14251950.00

	Long. bhd stiffeners - 30' from CL							
	1	2	2160.00	4320.00	5472.34	23640498.00	129368783724.08	14251950.00
	2	2	2160.00	4320.00	4862.74	21007026.00	102151653093.68	14251950.00
	3	2	2160.00	4320.00	4253.14	18373554.00	78145251525.68	14251950.00
	4	2	2160.00	4320.00	3643.54	15740082.00	57349579020.08	14251950.00
	5	2	2160.00	4320.00	3033.94	13106610.00	39764635576.88	14251950.00
	6	2	2160.00	4320.00	2424.34	10473138.00	25390421196.08	14251950.00
	7	2	2160.00	4320.00	1814.74	7839666.00	14226935877.68	14251950.00
	8	2	2160.00	4320.00	1205.14	5206194.00	6274179621.68	14251950.00
	9	2	2160.00	4320.00	595.54	2572722.00	1532152428.08	14251950.00
				2126597.365		6768113013.029	36615573496413.700	1357916968455.230
				$\Sigma 1$		$\Sigma 2$	$\Sigma 3$	$\Sigma 4$

$$\text{Titik berat } Y(na) = Z1 = (\Sigma 2 / \Sigma 1)$$

$$= \frac{3182.60 \text{ mm}}{318.26 \text{ cm}}$$

$$Z2 = H - Z1$$

$$= \frac{2886.40 \text{ mm}}{288.64 \text{ cm}}$$

$$I_{xx} = \Sigma 3 + \Sigma 4$$

$$= \frac{37973490464869.00 \text{ mm}^4}{3797349046.49 \text{ cm}^4}$$

$$I_{na} = I_{xx} - Z1^2 \cdot \Sigma 1$$

$$= \frac{16433280499546.80 \text{ mm}^4}{164332.80 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^2}$$

$$W_{\text{Bottom}} = I_{na} / Z1$$

$$= \frac{5163473326.16 \text{ mm}^3}{51634.73 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}}$$

$$W_{\text{Deck}} = I_{na} / Z2$$

$$= \frac{5693352219.86 \text{ mm}^3}{56933.52 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}}$$

## **BIODATA PENULIS**

## BIODATA PENULIS



Laporan Tugas Akhir ini disusun oleh **Syaifur Rohman** sebagai upaya penghabisan untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Kelautan, FTK, ITS Surabaya. Penulis dilahirkan di Rembang, Provinsi Jawa tengah pada tanggal 7 April 1993. Penulis mulai menempuh pendidikan di SD Negeri 3 Waru (1999-2005), SMP Negeri 2 Rembang (2005-2008), SMA Negeri 1 Rembang (2008-2011). Setelah lulus SMA, penulis diterima untuk melanjutkan studi di Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tanggal 18 Mei 2011. Aktivitas akademik penulis tidak berjalan sebagaimana mestinya, sehingga masa studi yang harus dijalani menjadi lebih panjang. Akan tetapi, pengalaman tersebut menjadi sedikit lebih unik karena semua kegiatan akademik dikerjakan bersama angkatan dibawahnya.

Diluar kegiatan akademik kampus, eksistensi keorganisasian penulis jauh dari kata populer. Penulis hanya aktif di dua organisasi kemahasiswaan, yaitu UKM Penalaran ITS yang merupakan organisasi intra kampus dan Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia Komisariat Sepuluh Nopember (PMII 1011) yang merupakan ekstra kampus. Dari UKM Penalaran ITS, penulis baru menyadari pentingnya kemampuan membaca dan menulis bagi setiap individu. Sedangkan dari PMII 1011, penulis belajar untuk menjadi manusia sederhana, menjaga budaya dan tradisi, serta mau berjuang untuk kaum mustad'afin.

Pada tahun 2017, penulis menjalani kerja praktek di Balitbang Pantai Kementerian PUPR untuk mempelajari bidang ilmu teknik pantai. Selama kerja praktek, penulis melakukan analisis numerik pola arus dan sedimentasi di laguna Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. Setahun kemudian, penulis mengambil tugas akhir dengan judul “**Analisis Kekuatan Memanjang Tongkang Pengangkut Muatan Berat dan Panjang**” untuk mempelajari bidang ilmu rekayasa struktur. Keputusan tersebut diambil karena penulis merasa kurang mampu menyerap ilmu kedua bidang tersebut selama di dalam kelas.

*Contact person:* rohman.sy27@gmail.com